

天津大学仁爱学院

《机械制造技术基础》课程设计指导书



天津大学仁爱学院

2013-05

目 录

1 设计目的	1
2 设计题目和内容	1
3 设计要求和方法指导.....	1
3.1 分析设计对象	1
3.2 确定毛坯制造方法及总余量.....	1
3.3 制定工艺规程	2
3.4 夹具设计	3
3.5 编写说明书	5
4 常用定位夹紧示意符号.....	6
5 工艺过程示意图（工序图）的绘制.....	8
6 常用毛坯选择	9
6.1 概述	9
6.2 各类毛坯的特点.....	9
6.3 毛坯形状	11
6.4 铸件尺寸偏差	12
6.5 毛坯常见缺陷	13
6.6 锻件技术要求	14
7 常用工艺	15
7.1 常用加工方法的经济精度.....	15
7.2 典型表面的加工工艺.....	19
8 常用加工设备	21
8.1 通用机床的分类.....	21
8.2 常用加工设备技术参数.....	22
9 刀具的合理选择	24
9.1 刀具材料的选择.....	24
9.2 刀具几何角度的选择.....	25
10 冷却润滑液的选用.....	26
10.1 冷却润滑油的分类及组成.....	26
10.2 选用推荐	27
11 常用量具	28
11.1 量具的选用	28
11.2 常用量具	28

12	加工余量	30
13	常用切削用量	35
13.1	切削用量及其选用原则.....	35
13.2	常用刀具耐用度.....	37
13.3	常用切削用量.....	37
14	切削力的确定	38
14.1	用经验公式计算切削力.....	38
14.2	单位切削力计算.....	44
14.3	典型加工情况下切削力、切削功率的参考值.....	47
15	单件时间定额	50
15.1	单件时间的组成.....	50
15.2	基本时间计算.....	50
16	夹具常用材料及其热处理.....	54
16.1	夹具常用材料代号及其基本性能.....	54
16.2	夹具常用材料应用举例.....	55
17	夹具尺寸公差和技术要求的制定.....	56
17.1	常用配合	56
17.2	夹具零件制造公差.....	57
17.3	位置精度	57
17.4	夹具装配图尺寸及技术条件标注.....	58
18	工序卡片及工艺过程卡片	

机械制造技术基础课程设计指导书

1 设计目的

机械制造技术基础课程设计是综合运用“机械制造技术基础”及有关课程内容，分析和解决实际工程问题的一个重要教学环节。通过课程设计培养学生制定零件机械加工工艺规程和分析工艺问题，以及设计机床夹具的能力。并熟悉使用有关标准和设计资料、手册。机械制造技术基础课程设计是作为未来从事工艺技术及技术管理工作的一次基本训练。

2 设计的题目和内容

机械制造技术基础课程设计的题目一般定为：制定某一零件成批或大批生产加工工艺规程及夹具设计，也可针对一组零件进行成组工艺和成组夹具设计。

设计应完成的内容：

- 1) 制定指定零件（或零件组）的工艺规程，对所制定的工艺进行必要的分析论证和计算，选择所用机床、刀具及切削用量；
- 2) 确定毛坯制造方法及主要表面的总余量；
- 3) 确定主要工序的工序尺寸、公差和技术要求；
- 4) 画出主要工序的工序简图；
- 5) 设计某一工序的夹具，按国标绘制夹具的装配图；
- 6) 编写设计说明书。

3 设计要求和方法指导

3.1 分析设计对象

阅读零件图，了解其结构特点、技术要求及其在所装配部件中的作用（如有装配图，可参阅）。分析时着重抓住主要加工面的尺寸、形状精度、表面粗糙度以及主要表面的相互位置精度要求，做到心中有数。

3.2 确定毛坯制造方法及总余量

确定毛坯种类和制造方法时应考虑与规定的生产类型（批量）相适应。确定锻

件的分模面或铸件的分型面和浇冒口，以便在粗基准选择及确定定位和夹紧点时有所依据。

查手册，确定主要表面的总余量、毛坯的尺寸和公差。若对查表值作了修改，说明修改的理由。

3.3 制定工艺规程

设计零件的结构、技术特点和生产批量将直接影响到所制定的工艺规程的具体内容和详细程度，这在制定工艺路线的各项内容时必须随时考虑到。

1. 表面加工方法的选择

针对主要表面的精度和粗糙度要求，由精到粗地确定各表面的加工方法。可查阅工艺手册中典型表面的典型加工方案和各种加工方法所能达到的经济加工精度，选择与生产批量相适应的加工方案和加工方法，对其它加工表面也作类似处理。

2. 定位基准的选择

为各个（或所需）定位自由度方向选择粗基准，针对保证主要表面的位置精度要求并考虑到安装的准确和方便（包括基准重合和基准统一原则），选择表面最终加工所用精基准和中间工序所用的精基准。

3. 零件加工方案（工艺路线）的确定

在各种工艺资料中介绍了各种典型零件在不同产量下的工艺方案。其中已经包括了工艺顺序、工序集中与分散和加工阶段的划分等内容，以及在生产实习和工厂参观时所了解到的现场工艺方案，皆可供设计时参考。

对热处理工序、中间检验、清洗、终检等辅助工序，以及一些次要工序（或工步）如去毛刺、倒角等，应注意在工艺方案中安排适当的位置，防止遗漏。

4. 各工序所用机床和刀具的选择

机床类型的选择应与设计零件的生产类型、零件的外形尺寸和结构形状、该工序的加工质量要求、所用切削用量和切削功率等相适应。应尽量选用最经济的国产设备（及组合机床）。刀具类型、材料、规格的选择，主要取决于工序所采用的加工方法、加工表面的尺寸、工件的材料和结构特点、所要求的精度、表面粗糙度以及生产率和经济性等。如果可能的话，应尽量采用标准刀具。机床、刀具的选择可参阅有关的工艺、机床和刀具手册。

5. 工艺方案和内容的论证

根据设计零件的不同的特点，以下工艺论证内容可有选择的进行。对比较复杂的零件，可先考虑两个甚至更多的工艺方案进行分析比较，择优而定，并在说明书中论证其合理性。当设计零件的主要技术要求是通过两个甚至更多的工序综合加以保证时，应用工艺尺寸链方法加以分析计算，从而有根据地确定有关工序的工序技术要求。对于影响零件主要技术要求且误差因素较复杂的重要工序，需要分析论证该工序技术要求的保证情况，从而明确提出对定位精度、夹具设计精度、工艺调整精度、机床和加工方法精度甚至刀具精度（若有影响）等方面的要求；其它的在设计中需要应加以论证分析的内容。

以上属于工艺路线制定阶段的内容。

6. 填写工艺过程卡片

本指导书所附工艺过程卡片的格式较工厂所用的工艺过程卡片（实际上各行各业甚至各工厂其卡片格式也不尽相同）有所简化。更适于学习阶段使用。机械加工以前的工序如铸造、人工时效等在工艺工程卡片中要有所记载，但不编工序号，工艺过程卡片在课程设计中只填写本次课程设计所涉及到的内容。

以下属于对个工序内容的制定。

7. 画出主要工序的工序简图

用简图表达出零件的定位面、被加工面、定位和夹紧方式（夹紧力作用点、方向等）、工序尺寸、工序技术要求。画法可参考下述工序简图的有关规定。

8. 确定工序余量

用查表法确定各主要加工面的工序（工步）余量。因毛坯总余量已由毛坯（图）在设计阶段定出，故粗加工工序（步）余量应由总余量减去精加工、半精加工余量之和而得出。若某一表面仅需一次粗加工即成活，则该表面的粗加工余量就等于已确定出的毛坯总余量。

9. 工序尺寸及公差确定

对简单加工的情况，工序尺寸可由后续加工的工序尺寸加上名义工序余量简单求得，工序公差可用查表法确定。对加工时有基准转换的较复杂的情况，需用工艺尺寸链来求算工序尺寸及公差。注意设计基准与定位基准不重合时，工序基准的选择与工序尺寸标注的不同方案问题。

10. 切削用量的选择

对进行夹具设计的工序（工步）的切削用量用查表法初步定出，参照所用机床的实际转速、走刀量档数最后修订。

11. 填写主要工序的工序卡并画出工序简图

课程设计用简化的工序卡格式见附页。在工序卡上绘制出工序简图。

工序简图按照缩小的比例画出，不一定很严格。如零件复杂不能在工序卡片中表示时，可用另页单独绘出。工序简图尽量选用一个视图，图中工件是处在加工位置、夹紧状态，用细实线画出工件的主要特征轮廓。本工序的加工面用粗实线画出。为使工序简图能用最少视图表达，对定位夹紧表面以规定的符号来表示，现将机械工业部标准 JB/Z174-82 的规定摘录于表 4-1。最后还要详细标明本工序的加工质量要求，包括工序尺寸和公差、表面粗糙度以及工序技术要求等。

对多刀、多工位加工，还应附有刀具调整示意图。限于时间，本课程设计中是否绘制刀具调整示意图由指导教师决定。

3.4 夹具设计

对夹具的设计可按下述三个步骤进行：

1. 夹具总体方案的构思和设计，绘制方案图（结构略图）

1) 根据零件加工工艺所给的定位基准和六点定位原理，确定工件的定位方法并

选择相应的定位元件，定位方案和定位元件的选择要能够保证工件的位置精度。

- 2) 确定刀具引导方式，并设计引导装置或对刀装置。
- 3) 确定工件的夹紧方法，并设计夹紧机构，注意夹紧力作用点、方向和夹紧力动力源的选择及多点夹紧机构的联动性。
- 4) 确定其它元件或装置的结构形式。
- 5) 考虑各种元件和装置的布局，确定夹具体的总体结构。在考虑总体结构方案时，应多看些夹具图册并可去工厂调研。为使方案选择合理，应提出两个或两个以上方案进行分析比较。

2. 将确定的方案绘制成结构草图

夹具草图要求能够清晰表达夹具工作原理和基本结构，各种元件和装置的相互位置要表达清楚。对夹具的主要部分，如定位元件的结构形式、夹紧装置的类型和结构、导向元件等最好按 1:1 比例绘出，便于检查其实现的可能性。对一些标准件如定位销、螺栓、螺母等可不必详细画出或只用位置中心线表示。对某些结构要素如圆角、倒角等在草图阶段不必画出。确定夹具和机床的联接方式，为此需要查阅机床手册或工艺设计手册。为节省画草图的时间，夹具草图可以用坐标纸来画。在确定夹具草图阶段，应同时对夹具的精度、夹紧力进行必要的分析计算。夹具草图经指导教师审阅后，便可绘制夹具总图。

3. 绘制夹具总装配图

绘制夹具总图时应注意以下几点：

- 1) 一般要求按照 1:1 的比例画夹具总装图，被加工零件在夹具图上的位置用双点划线画出，把工件轮廓视为透明体，不会挡住夹具图上的任何线条，并应画出定位面、夹紧面和加工面，画出定位元件及刀具引导元件。
- 2) 按夹紧状态画出夹紧元件及夹紧机构（必要时用双点划线画出夹紧元件的松开位置）。油缸、气缸均应标出工作行程，用双点划线表示出放松的位置。勾形压板也要画出夹紧位置，并用双点划线画出放松位置。
- 3) 注意视图的选择，主视图应面对工人操作的位置，应当用最少的视图将夹具的结构完全清楚的表达出来。因此，在画图之前，应当仔细考虑各视图及剖面的配置与安排，使整个图面合理、完整。
- 4) 夹具设计的结构工艺性，主要是夹具零件的结构工艺性，与一般机械零件的结构工艺性相同，首先要尽量选用标准件和通用件，以降低设计和制造费用；其次要考虑加工的工艺性及经济性。

夹具结构工艺性还应考虑夹具的装配方法与检验法方法。夹具一般属于单件生产，多采用调整法和修配法进行装配，设计时应充分注意。

- 5) 夹紧总图应注明的尺寸包括：夹具外形轮廓尺寸，移动件的极限位置尺寸；与夹具定位元件、导向元件及夹具安装基准面有关的配合尺寸、位置尺寸及公差；夹具定位元件与工件的配合尺寸；夹具导向元件与刀具的配合尺寸；夹具与机床的联接尺寸及配合；关键部位的配合尺寸公差及装配技术要求；其它重要配合尺寸。夹具上有关尺寸公差和形位公差取工件上相应公差的 1/5~1/2，通常取 1/3。当生产批

量较大时，考虑夹具的磨损，应取较小值；当工件本身精度较高，为使夹具制造不十分困难，可取较大值。当工件上相应的公差为自由公差时，夹具上有关尺寸公差常取 $\pm 0.1\text{mm}$ 或 $\pm 0.05\text{mm}$ ，角度公差（包括位置公差）常取 $\pm 10'$ 或 $\pm 5'$ 。确定夹具公差带时，应保证夹具上有关尺寸的公差带刚好落在工件上相应尺寸公差带的中间。

夹具总图上标注的技术要求通常有以下几方面：定位元件与定位元件定位表面之间的相互位置精度要求；定位元件的定位表面与夹具安装面之间的相互位置精度要求；定位元件的定位表面与引导元件工作表面之间的相互位置精度要求；引导元件与引导元件工作表面之间的相互位置精度要求；定位元件的定位表面或引导元件的工作表面对夹具找正基准面的位置精度要求；与保证夹具装配精度有关的或与检验方法有关的特殊的技术要求。

6) 在装配图上应有：标题栏、件号、技术要求、剖视图。自制件要编号，自制件的件数、材料均须在明细表中列出。标准件可不编号，其规格、件数可在夹具图上直接标出。

3.5 编写说明书

设计说明书的主要内容应包括：

1. 工艺规程设计

包括零件图的分析、毛坯制造方法的选择、基准的选择、加工方法的选择、加工顺序的确定、工艺路线的制订、余量与工序尺寸的确定、切削用量的选择等。其中制定工艺路线部分要详细编写，包括工艺论证内容。

2. 夹具设计

夹具设计说明包括夹具的用途、工作原理、结构方案的选择和分析、定位误差和夹紧力的计算、精度分析、夹具的使用说明、本夹具的优缺点等。

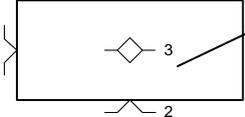
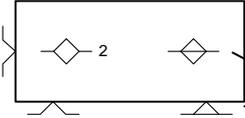
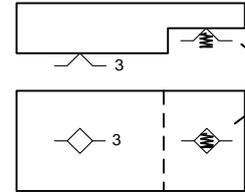
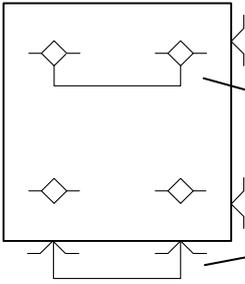
写说明书要求重点突出，文字简练，字迹端正，说理清楚。尽量用示意图或计算数据来说明问题，不追求过多的文字叙述。

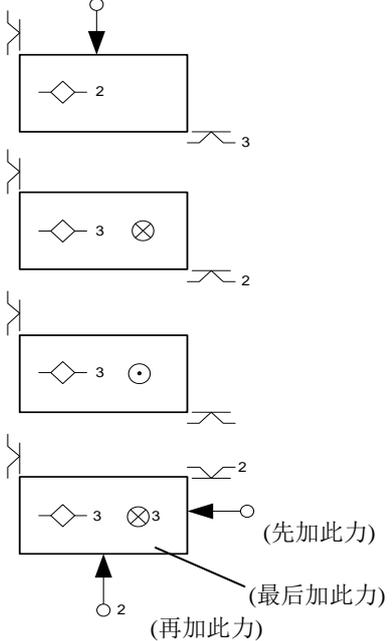
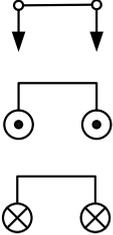
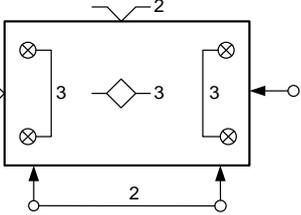
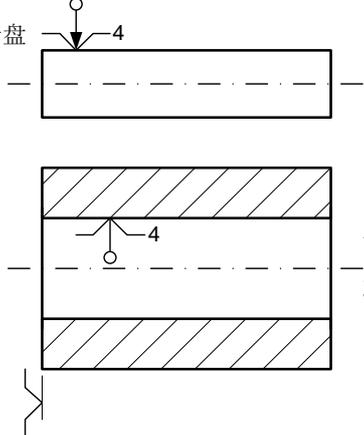
说明书的编写工作，应从设计的开始之日起，逐日将设计的主要内容及分析计算等记入笔记本中。每到一阶段，即可按要求逐段整理成文，设计结束前再进行整理补充。

说明书统一用十六开纸书写，四周留出边框用于装订。本指导书所附说明书封皮及任务书用于首页，接下去编排目录（应有页号），说明书正文是主体，并将工艺过程卡及工序卡按恰当位置附入，后记部分可写收获、体会以及意见或建议，最后列出自己设计中所用到的主要参考资料名称。

4 常用定位夹紧示意符号

表 4-1 常用定位夹紧示意符号 (摘自 JB/Z174-82)

序号	示意对象	示意符号	注 释
1	固定支撑 ①从侧面看 ②从正面看	 	可用数字脚标表示所约束的自由度数, 表示约束 1 个自由度时脚标 1 省略。 
2	可调固定支撑 ①从侧面看 ②从正面看	 	多数情况下并非 6 个自由度均用可调固定支撑约束, 而只是部分采用可调支撑。 
3	辅助支撑 ①从侧面看 ②从正面看	 	例: 
4	浮动支撑 ①从侧面看 ②从正面看	 	例: 

序号	示意对象	示意符号	注 释
5	夹紧力(及夹紧方向) ① 平行于纸面夹向箭头所1示方向 ② 垂直于纸面夹向纸面 ③ 垂直于纸面向外夹紧 ④ 当夹紧力多于1个时用1, 2, 3……侧标表示施加顺序		
6	联动夹紧		
7	定位兼夹紧		如三爪卡盘  可胀长销或心轴

5 工艺过程示意图（工序图）的绘制

工艺过程示意图的作用在于以简洁形象的方式表明整个工艺过程及各工序加工表面、定位基准、夹紧力方向、工序尺寸和表面粗糙度等。

这里的零件图是经过简化了的，只画出反映总体的宏观轮廓、少数特征表面、本工序加工面和本工序定位夹紧表面。

零件轮廓用细实线画出。

加工表面用粗实线表示。

定位夹紧用示意符号标出。

在工序图上要求标出全部工序尺寸及偏差，加工面表面粗糙度，形位公差及其他技术要求。

例：

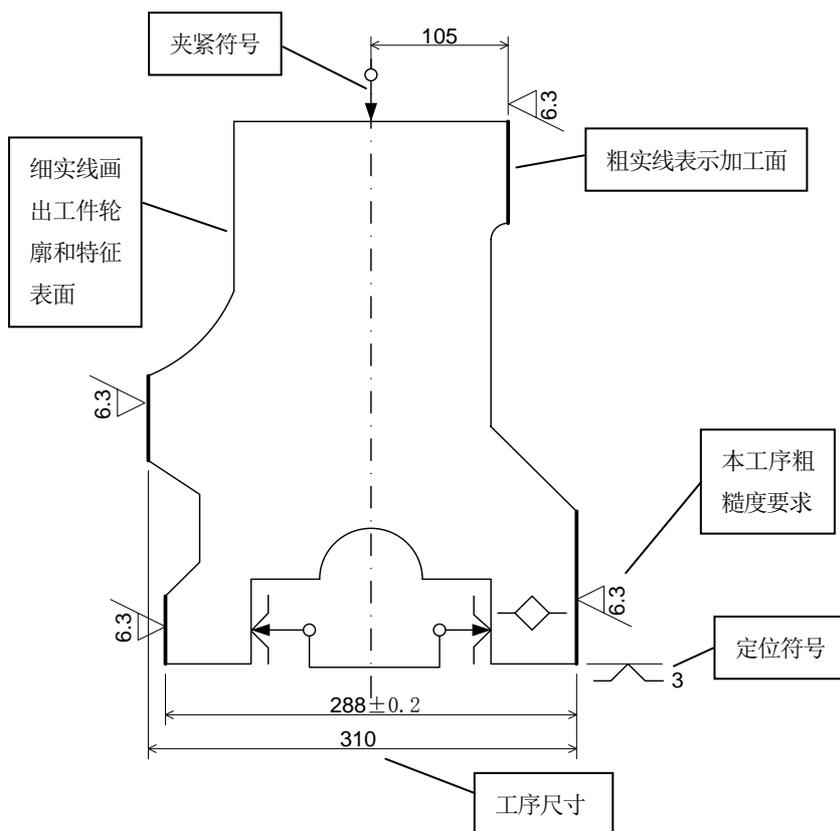


图 5-1 工艺过程示意图（工序图）示例（以缸体两端面铣削工序为例）

6 常用毛坯选择

6.1 概述

所谓“毛坯选择”，指的是在已知设计对象（零件）及其年生产纲领的情况下，进行的下列工作：

1. 确定毛坯的类别

如：

{	铸件	木模手工造型
		金属模机器造型
	锻件	自由锻
模锻		
型材改制	冷、热轧棒料	
	管材	

2. 确定毛坯的应有形状

需要确定：1) 哪些表面要在毛坯上制出（做成什么样子、什么尺寸？）；2) 哪些表面不要求制出（如某一尺寸以下的孔或槽）。

3. 规定毛坯的精度等级

规定毛坯的精度等级，从而得知毛坯各相应尺寸的公差和极限尺寸。以便进一步判断：1) 毛坯对装夹可靠性的影响；2) 对定位误差的影响；3) 对实际加工余量的影响；4) 对实际最大切削力和所需夹紧力的影响。

4. 给出各加工表面的总余量

5. 给定毛坯的技术要求

毛坯的技术要求包括：材质要求、工艺要求、清理要求等。

6. 绘制“毛坯—工件综合图”

在上述基础上绘出“毛坯—工件综合图”，以便给粗基准的选择、有关工序的定位夹紧的考虑以及毛坯设计人员提供尽可能清楚的概念。

6.2 各类毛坯的特点

常用的毛坯形式有：铸件、锻件、冲压件、焊接件、粉末冶金件及工程塑料件等，参见表 6-1 及表 6-2。

表 6-1 各类毛坯的特点

序号	毛坯类别	毛坯制造方法	材 料	形状复杂性	精度等级 (IT)	适应的生产类型
1	铸 件	木模手工造型	铸铁、铸钢和有色金属	复 杂	12~14	单件小批生产
2		木模机器造型	同 上	复 杂	~12	成批生产

表 6-1 各类毛坯的特点

(续)

序号	毛坯类别	毛坯制造方法	材 料	形状杂复 性	精度等级 (IT)	适应的生产类 型
3	铸 件	金属模机器造 型	同 上	复 杂	~12	大批大量生产
4		离心铸造	有色金属和部 分黑色金属	回转体	12~14	成批和大批大 量生产
5		压 铸	有色金属	取决于模 具制造	9~10	大批大量生产
6		熔模铸造	铸钢、铸铁	复 杂	10~11	成批和大批大 量生产
7		失腊铸造	铸铁和有色金 属	复 杂	9~10	大批大量生产
8	锻 件	自由锻件	钢	简 单	12~14	单件小批生产
9		模 锻	钢	较复杂	11~12	大批大量生产
10		精密模锻	钢	较复杂	10~11	大批大量生产
11		热轧(型材、板 材)	钢	简 单	11~12	大批大量生产
12		冷轧(拉)(型 材、板材)	钢	简 单	9~10	大批大量生产
13	冲压件	板料冲压	钢	较复杂	8~9	大批大量生产
14	粉末冶金 件	粉末冶金	铁基、铜基、铝 基材料	较复杂	7~8	大批大量生产
15		粉末冶金热模 锻	同 上	较复杂	6~7	大批大量生产
16	焊接件	普通焊接	同 上	较复杂	12~13	单件小批生产
17		精密焊接	同 上	较复杂	10~11	单件小批和成 批生产
18	工程塑料	注射成形 吹塑成形 精密模压	工程塑料	复 杂	9~10	大批大量生产

表 6-2 常用铸、锻件的特点

铸件精度级	造 型 方 法	应 用
I	精 密 铸 造	大量生产（尺寸精度和表面粗糙度要求高的铸件）
II	金属模、塑料模（熔模）机器造型、壳型、金属型铸造	大批大量生产
III	普通木模手工造型和机器造型	要求较低的单件和小批生产
锻 件	精 密 模 锻	能提供形状较为复杂或精度较高的毛坯，用于大批大量生产重要的零件毛坯
	模 锻	成批和大批大量生产（可与轧制、扭制、精整等技术联合获得高质量锻件）
	自 由 锻	单件小批生产（只能提供形状简单的或近似形状的毛坯）

6.3 毛坯形状

从减少机械加工工作量和节约金属材料出发，毛坯应尽可能接近零件的最终形状，但由于铸锻工艺本身的限制（如泥芯的安放、分型面的选择、模具的制造等）这一要求在多数情况下无法实现。它主要表现在那些小尺寸的孔、槽、凹坑等表面很难或甚至无法在毛坯上预制出来。再加上必要的拔模斜度等因素，就导致了毛坯和零件形状的差异。表 6-3 和表 6-4 分别给出最小铸孔和锻出条件。

表 6-3 最小铸孔

单位：mm

表面类别	单 件 生 产	成 批 生 产	大 量 生 产
通 圆 孔	30~50	15~30	12~15
不 通 圆 孔	36~60	20~36	15~18
通方孔或矩形孔	36~60	20~36	15~18
不通方孔或矩形孔	40~70	20~40	16~20

注：槽、凹坑等几何形状可借用方、矩形孔尺寸

表 6-4 锻出条件

单位: mm

B	h	C	A			
			≤250	>250~400	>400~600	>600~1000
≤65	5~8	能 锻 出 的 台 阶 或 凹 槽 的 最 小 长 度	70	90	120	160
	9~14		50	60	80	100
>65~80	5~8		80	100	140	180
	9~14		55	70	90	110
>80~100	5~8		90	120	160	210
	9~14		60	80	100	120
>100~125	5~8		100	140	180	240
	9~14		70	90	110	140
>125~160	5~8		120	160	210	270
	9~14		80	100	120	160

6.4 铸件尺寸偏差

表 6-5 铸件尺寸偏差

单位: mm

材 料	精 度 级	铸 件 最 大 尺 寸	公 称 尺 寸					
			≤50	>50~120	>120~260	>260~500	>500~800	>800~1250
灰 铸 铁	I	≤120	±0.2	±0.8				
		>120~260	±0.3	±0.4	±0.6			
		>260~500	±0.4	±0.6	±0.8	±1.0		
	II	≤260	±0.5	±0.8	±1.0			
		>260~500	±0.8	±1.0	±1.2	±1.5		
		>500~1250	±1.0	±1.2	±1.5	±2.0	±2.5	±3.0
III	≤500	±1.0	±1.5	±2.0	±2.5			
	>500~1250	±1.2	±1.8	±2.2	±3.0	±4.0	±5.0	

6.5 毛坯常见缺陷

表 6-6 铸件缺陷

序号	缺陷名称	缺陷特征
1	化学成分不合格	铸件化学成分不合技术要求。
2	金相组织不合格	铸件金相组织不合技术要求。
3	白口	断面呈白色，局部或全部过硬，难以加工。
4	物理机械性能不合格	强度，硬度，耐磨性能不合技术要求。
5	多肉	铸件上有形状不规则的毛刺、披缝或凸出部分。
6	浇不足	由于金属液未充满型腔而产生的铸件缺陷。
7	落砂	砂型或泥芯大块脱落而产生的凹凸缺陷。
8	胀箱	铁水将砂箱抬起，导致外形变化。
9	错箱	铸件的两部分在分型面上错移。
10	偏心	泥芯位置偏移，内孔和内腔与外形不符图纸要求。
11	变形	由于收缩应力引起铸件外形和尺寸与图纸不符。
12	冷隔	铸件上有一种未完全融合的缝隙或洼坑，其交接边缘是圆滑的。
13	夹砂	铸件表面有一层金属瘤状或片状物，而瘤与铸件间夹有一层型砂。
14	结疤	铸件表面上金属、型砂或渣的瘤、片状夹杂物。
15	粘砂	铸件表层覆盖着一层金属或金属氧化物与砂的混合物，或一层烧结的型砂。
16	裂纹	铸件上有穿透或不穿透的裂纹。
17	气孔	铸件表层或内部有大小不等的光滑孔眼。
18	缩孔	铸件厚断面内部、厚薄断面交接处的内部或表面产生的缩孔或凹坑。
19	缩松	铸件内部微小的缩孔或群聚的粗大晶粒间的微小孔眼，水压试验时渗水。
20	砂眼或渣眼	铸件表面或内部含有充塞着砂或渣的孔眼。
21	铁豆	铸件内部或表面有包含着金属小珠的孔眼。

表 6-7 锻件缺陷

序号	缺陷名称	缺陷特征
1	凹坑	因氧化皮压入锻件正面、待氧化皮脱落后形成的凹坑。
2	形状不完整	由于始锻温度低，锻造设备吨位不足、锻模磨损和终锻时打击次数不足。造成锻件在凸出部、转角和某些筋或壁处产生成形不完全。
3	模锻不足	垂直于分模面上的尺寸都增大。
4	错移	锻件沿分模面相对错移。
5	飞边	沿分模面留下的未切下的毛边。
6	曲度	锻件中心线或平面与正确几何形状的偏差。它主要是在切边或热处理时产生变形而引起的。
7	尺寸不足	因下料不足、烧损过多或对冷却收缩估计不足而造成的锻件整个或部分尺寸不足。

6.6 锻件技术要求

锻件的技术要求主要包括：

- ①热处理方法及布氏硬度。
- ②允许的飞边或表层缺陷程度（见表 6-8）。
- ③曲度，平行度允差(见表 6-9)。
- ④表面清理方法和质量要求。
- ⑤重量要求。
- ⑥探伤要求。

表 6-8 模锻件的错移量、表面缺陷层深度和飞边尺寸的允许值(mm)

模 锻 设 备	错 移 量	缺 陷 层 深 度	飞 边 尺 寸
1 吨锻锤	0.5~0.8	0.5~0.8	0.8~1.0
1.5	0.8~1.0	0.8~1.0	1.0
2	~1.0	1.0	1.0
3	1.0~1.2	1.0~1.2	1.0~1.5
5	1.2~1.5	1.5~2.0	1.5
10	1.5~2.5	0.8	2.0
225 吨平锻机	0.8	0.8~1.0	0.5~1.0
500	0.8~1.0	1.0	1.0
800	1.0	1.0~1.5	1.0~1.5

表 6-9 锻件的精度标准

项 目	允 差 (mm)	
	模 锻 后	整 形 后
100 mm 长度内的曲度	0.3	0.2
100mm 长度内平面的平行度	1.0	0.6
在直径 100mm 范围内凸缘厚度差	1.0	0.6
100mm 长度内平面对中心线的垂直度	1.5	1.0
100m m 长度内表面翘曲	1.5	0.6
对公称重量的重量差	+(2~5)%	+(2~5)%

7 常用工艺

7.1 常用加工方法的经济精度（见表 7-1、7-2、7-3、7-4、7-5、7-6）

表 7-4 在组合机床上和自动线上加工的孔的位置精度

工步名称	被加工孔的直径 (毫米)	孔的轴线偏移量 (微米)		
		刀具与导套的间隙 (微米)		
		30	100	150
钻孔	10~18	120	180	240
	18~30	140	20	270
扩孔	10~18	80	160	210
	18~30	60	130	180
铰孔	10~18	60	130	180
	18~30	40	110	150
附注	1. 表中所列数据适用于灰铸铁。在加工铝合金时，位置偏差值要乘以 0.7。 2. 表中所列的轴线偏移量适于以下条件： (1) 刀具刚性夹持在主轴上； (2) 钻套长度为~2.5d，刀具伸出钻套末端的长度为 30 毫米； (3) 工件的定位基准是一平面和两个垂直于该平面的销孔。			

表 7-5 平行轴线的孔的相对位置精度

加工性质	机床	加工刀具的定位方法	轴线间距偏差 (微米)
钻孔	立式钻床和摇臂钻床	划线找正	500~1000
		钻模	100~200
镗床	立式钻床和摇臂钻床	镗模	50~200
	车床	划线找正	1000~2000
		用刀架上装的角尺	100~300
	卧式镗床	划线找正	400~600
		按游标尺刻度	200~400
		用棒量规或用块规	50~250
		用坐标样板	80~200
用端面量具		50~100	
镗模、千分表—挡块，机床上的坐标定位程序控制装置	40~80		
多轴组合机床	镗模	50~200	
金刚镗床	—	10~50	
坐标镗床	用光学仪器	4~20	
附注	在钻床、卧式镗床和组合机床上的镗孔加工的轴线间距偏差值可用于相应的铰孔加工。		

表 7-1 外圆加工的精度和表面质量

加工方法	表面粗糙度 Ra (μm)	表面缺陷层深度 (μm)	尺寸精度等级	形状精度等级	形状误差 (μm) (圆柱度、圆度等) 按加工表面公称尺寸选定 (mm)					
					≤6	>6~18	>18~50	>50~120	>120~260	>260~500
车削：粗车 半精车 (一次车) 精车 细车	25~12.5	120~60	IT12~13	10~11	30	40	60	80	100	120
				9~10	20	30	40	50	60	80
	12.5~6.3	50~20	IT12 IT11	8~9	12	20	25	30	40	50
				8	8	12	16	20	25	30
	6.3~3.2	30~20	IT10 IT9	7	5	8	10	12	16	20
				6	3	5	6	8	10	12
6.3~1.6	10~5	IT9 IT7	6	3	5	6	8	10	12	
磨削：粗磨 精磨 细磨	1.6~0.8	20	IT9	7	5	8	10	12	16	20
	0.8~0.4	15~5	IT7 IT6	6	3	5	6	8	10	12
				5~6	2	3	4	5	6	8
	0.4~0.1	5	IT6 IT5	5~6	2	3	4	5	6	8
研磨：超精研	0.4~0.1	3	IT5 —	4~5	1.2	2	2.5	3	4	5
				6	3	5	6	8	10	12
滚压 金刚石车	0.8~0.05	—	IT7 IT6 IT5	4~5	2	3	4	5	6	8
				6	3	5	6	8	10	12
附注	① 表中所列的数据适用于钢件，对于铸铁件和有色金属件，精度的极限偏差可采用高一级的数据。 ② 所列的尺寸和形状的极限偏差适用于表面的长径比为 $L/d < 2.0$ 的情况，当 $L/d = 2 \sim 10$ 时加工误差要增大 1.2~2 倍。									

表 7-2 孔加工的精度和表面质量

(μm)

加工方法	表面粗糙度 Ra	表面缺陷层度	尺寸精度等级	形状精度等级	形状误差(微米)(圆柱度、圆度等)按孔的直径(毫米)选定					
					≤6	>6~18	>18~50	>50~120	>120~260	>260~500
钻孔和用钻头扩孔	12.5~3.2	7025	IT12~13 IT11	9~10 8~9	12	30 20	40 25	50 —	— —	— —
扩孔: 粗扩 在铸孔、冲孔上粗扩 粗扩后或钻孔后精扩	12.5~3.2	50~30	IT12~13	9~10	—	30	40	50	—	—
	6.3~3.2	4025	IT11~13 IT10	9~10 8	—	30 12	40 16	50 20	— —	— —
铰孔: 一般铰孔 精铰	0.8	10	IT9	7	5	8	10	12	16	20
			IT8	6	3	5	6	8	10	12
细铰	0.4	5	IT7 IT6	4~5	2	3	4	5	6	8
拉孔: 在铸出或冲出孔上拉孔 在粗拉和钻出孔中精拉	0.8~0.4	10~5	IT9	7	—	8	10	12	16	—
			IT7~8	6	—	5	6	8	10	—
镗孔: 粗镗 半精镗 精镗 金钢镗	12.5~6.3	50~30	IT11~13	8~9	8	12~20	16~25	20~30	25~40	30~50
	3.2~1.6	25~15	IT9~10	7	5	8	10	12	16	20
	0.8~0.2	10~4	IT7~8	6	3	5	6	8	10	12
	0.8~0.2	10~4	IT6	4~5	—	3	4	5	6	8
磨孔: 粗磨 精磨 细磨 研磨(珩磨)	0.8~0.4	20~25	IT8	6	—	5	6	8	10	12
			IT7	4~5	2	3	4	5	6	8
	0.4~0.1	5	IT6	4~5	—	—	—	—	—	—
	0.2~0.025	5~3	IT6	4~5	1.2	2	2.5	3	4	5
附 注	1. 本表格所列数据适用于钢件, 对于铸铁件和有色合金零件的工艺公差可取同级或高一级的数据; 2. 孔的形状误差和尺寸误差, 对于 L/d < 2.0 是有效的, 当 L/d = 2~10 时, 加工误差可扩大 1.2~2 倍。									

表 7-3 平面加工时的精度和表面质量

(μm)

加工方法	表面粗糙度 Ra	表面缺陷 层深度	尺寸精度 等级	形位精度 等级	形位误差							
					直线度平 面度	垂直度平 行度	直线度 平面度	垂直度 平行度	直线度 平面度	垂直度 平行度	直线度 平面度	垂直度 平行度
					被加工平面尺寸(长×宽)(mm)							
					≤60×60		>60×60~160×160		>160×160~400×400		>400×400	
铣削和刨削 粗铣、粗刨	12.5~6.3	100~50	IT11~13	11	80	100	120	160	200	250	250	400
			IT10	10~11	40	60	60	100	100	160	160	250
精铣、精刨	3.2~0.8	50~20	IT9	8~9	25	40	40	60	60	100	100	160
			IT7	7~8	16	25	25	40	40	60	60	100
细铣、细刨	0.8~0.4	30~10	IT7	6~7	10	16	16	25	25	40	40	60
			IT6	6	6	10	10	16	16	25	25	40
端面车削 粗车	25~12.5	100~50	IT12~13	11	80	100	120	160	200	250	250	400
			IT11	9~10	40	60	60	100	100	160	160	250
一次精车 细车	12.5~1.6	50~20	IT10	8~9	25	40	40	60	60	100	100	160
			IT9	7~8	16	25	—	—	—	—	—	—
一次拉削	3.2~0.8	50~10	IT9	6~7	10	16	16	25	25	40	40	60
			IT7	6	6	10	10	16	16	25	25	40
磨削 粗磨	1.6	20	IT9	6~7	10	16	16	25	25	40	40	60
			IT7	5~6	6	10	10	16	16	25	25	40
精磨或 一次磨削	0.8~0.4	15~5	IT7	6	6	10	10	16	16	25	25	40
			IT6	5~6	4	6	6	10	10	16	16	25
细磨	0.4~0.1	5	IT6	4~5	2.5	4	4	6	6	10	10	16
			IT5	2~3	1.6	2.5	2.5	4	4	6	6	10
研磨、细刮	0.4~0.1	5	IT5	2~3	1.6	2.5	2.5	4	4	6	6	10
				2	1.0	1.6	1.6	2.5	2.5	4	4	6
说 明	1、表中所列数据适用于钢件，对于铸铁件和有色金属件应采用高一级精度。 2、形位精度等级栏中“平面度和直线度”精度应比“平行度和垂直度”精度高一级。如“平行度和垂直度”为 11 级，则相应的“平面度和直线度”应为 10 级。											

表 7-6 典型表面的加工工艺

(μm)

加工性质	机床	刀具座标确定方法	100 毫米上的轴线的垂直度	附 注
钻 孔	立式钻床	按划线找正 按钻模	500~1000 100	在镗削轴线在空间上相互垂直的孔时,轴间距误差按刀具定位方法查表 6 而定。(即表 6 最右边:“轴线间距偏差(微米)”一栏。
镗 孔	铣 床	回转分度头 回转工作台	50~100 20~50	
	卧式镗床	按划线找正 在带有千分表的工作台上转动零件 回转工作台 镗模	500~100 50~150	
		组合多轴机床	镗模	
			50~100	

7.2 典型表面加工工艺

表 7-7 典型表面加工工艺路线

加工表面	加工要求	加工方案	说 明
外圆	IT8 Ra1.6~0.8	粗车→半精车→精车	①适于加工除淬火钢以外的各种金属。 ②若在精车后再加一道抛光工序,粗糙度可提高到 Ra0.2
	IT6 Ra 0.4~0.2	粗车→半精车→粗磨→精磨	①适于加工淬火钢件,但也可用于加工未淬火钢件或铸铁件。 ②不宜加工有色金属(因切屑易于堵塞砂轮)。
	IT5 Ra 0.1~0.025	粗车→半精车→粗磨→精磨→研磨	①同上。 ②可用镜面磨削代替研磨作终工序。 ③常用来加工精密机床之主轴颈外圆。
孔	IT7 Ra 1.6~0.8	钻→扩→粗绞→精绞	①适于成批和大批大量生产。 ②常用于加工<Φ50 之未淬火钢和铸铁上的孔,也可用于有色金属(但粗糙度不易保证)。 ③在单件小批生产时用手铰(精度还可更高)。
	IT7~8 Ra 1.6~0.8	粗镗→半精镗→精镗 两次	①多用于加工毛坯上已铸出或锻出的孔。 ②一般大量生产中用浮动镗杆加镗模或用刚性主轴的镗床来加工。
	IT67 Ra 0.4~0.2	粗镗(或扩孔)→半精镗→粗磨→精磨	①主要用于加工精度和粗糙度要求较高的淬火钢件。对铸铁或未淬火钢磨孔生产率不高。 ②当孔的要求更高时,可在精磨之后再行珩磨或研磨。
	IT7 Ra 0.8~0.4	钻(或扩孔)→拉(或推孔)	①主要用于大批大量生产。 ②只适用于中、小零件的中小尺寸的通孔,且孔的长度一般不宜超过孔径的 3~4 倍。
	IT6~7 Ra 0.2~0.1	钻(或粗镗)→扩(或半精镗)→精镗→金刚镗→脉冲滚挤	①特别适于成批、大批、大量生产有色金属零件上的中小尺寸孔。 ②也可用于铸铁箱体孔的加工。但滚挤效果通常不如有色金属显著。

表 7-7 典型表面加工工艺路线（续）

加工表面	加工要求	加工方案	说明
平面	IT78 Ra 3.2~1.6	粗刨→半精刨→精刨	①因刨削生产率较低故常只用于单件和中小批生产。 ②加工一般精度的未淬硬表面。 ③因调整方便故适应性较大，可在工件的一次装夹中完成若干平面、斜面、例角、槽等加工。
	IT7 Ra 3.2~1.6	粗铣→半精铣→精铣	①大批大量生产中一般平面加工的典型方案。 ②若采用高速密齿精铣，质量和生产率更有所提高。
	IT5~6 Ra 0.8~0.1	粗刨（铣）→半精刨（铣） →精刨（铣）→刮研	①刮研可达很高精度（平直度，表面接触斑点数、配合精度）。 ②但劳切量大、效率低、故只适用于单件、小批生产。
	IT5 Ra 0.8~0.2	粗刨（铣）→半精刨（铣） →精刨（铣）→宽刀低速精刨	①宽刀低速精刨可大致取代刮研。 ②适用于加工批量较大，要求较高的不淬硬平面。
	IT5~6 Ra 0.8~0.2	粗铣→半精铣→粗磨→ 精磨	①适用于加工精度要求较高的淬硬和不淬硬平面。 ②对要求更高的平面可后续滚压或研磨工序。
	IT8 Ra 0.8~0.2	①粗铣→拉削 ②拉削	①适于加工中、小平面。 ②生产率很高，用于大量生产。 ③刀具价格昂贵。
	IT7~8 Ra 3.2~1.6	大型圆盘、圆环等回转零件的端平面，一般常在车床（立式车床）上与外圆（或孔）一同加工。（粗车→半精车→精车）这还可保证它们之间的相互位置精度。	

8 常用加工设备

8.1 通用机床的分类

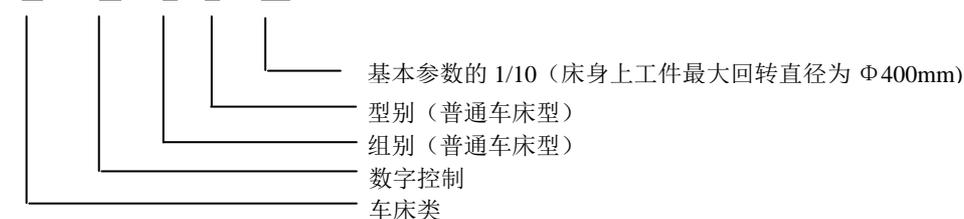
表 8-1 机床分类及代号

机床类型	车床	钻床	镗床	磨床	齿轮机床	螺纹机床	刨插床	拉床	铣床	电加工机床	切断机床	其它机床
代号	C	Z	T	M	Y	S	B	L	X	D	G	Q
参考读音	车	钻	镗	磨	牙	丝	刨	拉	铣	电	割	其

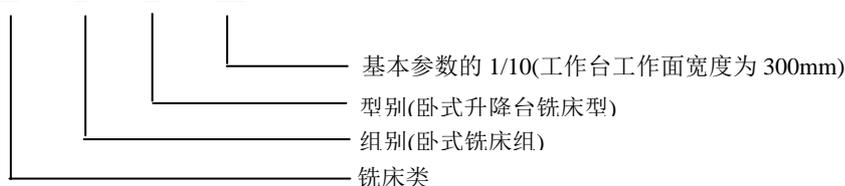
表 8-2 机床特性及代号

通用特性	高精度	精密	自动	半自动	程控	轻便	万能	简式	自动换刀
代号	G	M	Z	B	K	Q	W	J	H
参考读音	高	密	自	半	控	轻	万	简	换

举例: **C** **K** **6** **1** **40**



X **6** **0** **30**



组

8.2 常用加工设备技术参数

表 8-3 常用加工设备的技术参数

单位 (mm)

机 床	最大加工直径 ×加工长度	主轴转速 (转/分)	加工质量				主电机功率 KW
			不圆柱度	锥度	不平度	粗糙度	
普通车床 C6132	320×800	40~1200	0.01	0.01	0.015/180	Ra 1.6	4
CA6140	400×650	10~1800	0.01	0.01/100	0.015/200	Ra 1.6	7.5
CM6140	400×900	10~1400	0.005	0.01/150	0.01/200	Ra 0.8	7.5
机 床	最大钻孔直径	主轴行程	主轴转速级数	主轴转速 (转/分)	主电机功率		
立式钻床 Z518	18	150	6	310~2975	1		
Z525	25	175	9	97~1360	2.8		
摇臂钻床 Z35	50	350	18	34~1700	5.5		
Z37	75	450	22	11.2~1400	7.5		

机床	最大刨削长度	工作台工作面积	每分钟滑枕往复次数	每往复行程工作台水平进给量	主电机功率
牛头刨 B650	500	顶面: 455×405 侧面: 435×355	8级 11~120	6级 0.35~2.13	4
B665	650	侧面: 650×450	6级 12.5~72.7	10级 0.33~3.33	3
机床	最大镗孔直径	主轴转速 (转/分)	加工质量		
			不圆柱度	端面不平度	粗糙度
卧式镗床 T617	240	13~1160	0.02	0.02	Ra 1.6
T68	240	20~1000	0.02/300	0.02/300	Ra 1.6
精密卧镗铣 T646	240	8~1036	0.01	0.01	Ra 0.8
立式金刚镗 T716	165	19~600	0.01	0.01	Ra 0.8
外圆磨床 M131	磨削直径 8~315	磨削长度 1000	0.003	0.006	Ra 0.2
内圆磨床 M2120	磨孔直径 50~200	磨孔深度 120~160	0.006	0.005/200	Ra 0.4
平面磨床 M7730K	磨削面积长× 宽 1000×300		不平度 0.015/1000		Ra 0.8
无心磨床 M1040	磨削直径 2~40	磨削宽度 140	椭圆度 0.002	不圆柱度 0.004	Ra 0.2
机床	工作台工作面积 长×宽	工作台最大行程 (纵向×横向×垂直)		主轴转速 (转/分)	主电机功率 (KW)
卧式铣床 X60	800×200	500×160×300		50~2240	3
卧式铣床 X62	1250×320	700×255×360		30~1500	7.5
立式铣床 X52K	1250×320	700×255×370		30~1500	7.5
万能铣床 X62W	1250×320	700×255×370		30~1500	7.5
机床	额定拉力(吨)	最大行程	滑枕行程速度 工作(米/分) 返回(米/分)		主电机功率 (KW)
立式内拉床 L5120	20	1250	1.5~13	7~20	14
卧式内拉床 L6110	10	1250	2~11	14~25	17
卧式内拉床 L6120	10	1600	1.5~11	7~20	22

9 刀具的合理选用

9.1 刀具材料的选择

表 9-1 常用刀具材料及应用

刀具材料		适用性说明
类别	牌号	
高速工 具钢	W18Cr4 V	仅用于成型刀具、切削抗拉强度>85Kg/mm 的钢件和 HB>220 的铸铁件
	W9Cr4V 2	广泛用于一般刀具制造，可加工不同牌号的钢、生铁、青铜、有色金属。中等切削速度，耐热性比碳素工具钢好。
钨钴类 硬质合 金	YG3X	它是现有钨钴类硬质合金中耐磨性最好的一种，只是冲击韧性较差。适于铸铁、有色金属及其合金的精镗、精车等加工，也可用于合金钢、淬火钢的精加工。
	YA6	属细颗粒碳化钨合金。由于加入了少量稀有元素，故耐磨性和强度均有提高，适用于加工铸铁，有色金属及其合金；也适用于高锰钢、淬火钢、合金钢的半精加工及精加工。
钨钴类 硬质合 金	YG6	耐磨性较高（但低于 YG3X 和 YG6X），对冲击和振动没有 YG3X 合金敏感；能够使用较高切速。适于铸铁、有色金属及其合金与非金属材料连续切削时的粗车和间断切削时的半精车、精车、小端面精车；粗车螺纹，旋风铣切螺纹，连续断面的半精铣、精铣；孔的粗、精扩。
	YG6X	适用于铸铁的精加工。 也可用于加工合金钢和耐热合金钢。 其耐磨性高于 YG6。
	YG8	使用强度较高，抗冲击和振动性能较 YG6 好、但耐磨性及其使用切削速度较低。 适于铸铁、有色金属及其合金以及非金属材料加工中不平整表面和间断切削时的粗车、粗刨、粗铣和一般孔及深孔的钻、扩加工。
钨钴钨 类硬质 合金	YT5	在钨钴钨合金中，强度最高，抗冲击和振动性能最好，不易崩刀，但耐磨性较差。适于碳素钢与合金钢（钢锻件、冲压件及铸件表皮）加工中不平整断面与间断切削时的粗车、粗刨、半精刨、非连续表面的粗铣与钻孔。
	YT14	强度和抗冲击及振动性能虽稍次于 YT5，但耐磨性和许用切削速度较高。适于碳素钢与合金钢加工中不平整断面和连续切削时的半精车与精车连续断面的粗铣、铸孔的扩钻与粗扩。
	YT15	耐磨性优于 YT5，但抗冲击韧性较差。适于碳素钢与合金钢加工中，连续切削时的粗车、半精车及精车，间断切削时的小断面精车，旋风铣切螺纹，连续面的半精铣与精铣，孔的粗、精扩。
	YT30	耐磨性及许用切削速度较 YT15 合金高。但强度、抗冲击和抗振性能较差，对冲击和振动较为敏感。要求正确的焊接与刃磨工艺。适于钢件精加工（如小断面精车，精镗和精扩孔）
	YW1	适于耐热钢、高锰钢、不锈钢等难加工材料及普通钢和铸铁的加工。是一种通用性较好的合金。
	YW2	耐磨性稍低于 YW1、但强度和抗冲击性较高。适于各种难加工材料的粗加工；也可用于加工普通钢材和铸铁。

9.2 刀具几何角度的选择

表 9-2 前刀面的形状及其应用

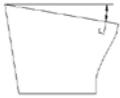
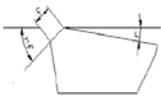
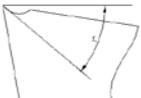
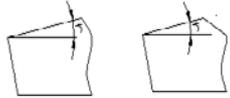
前刀面形状		性能	应用
形状	特征		
	平前刀面 正前角 无负倒棱	切削作用强 切削变形小 刀刃强度较差 不易断屑	各种高速钢刀具； 刃形复杂的成形刀具；加工铸铁、青铜脆黄铜的硬质合金车刀、铣刀和刨刀。
	平前刀面 正前角 有负倒棱	切削作用较强 切削变形较小 刀刃强度尚好 不易断屑	加工铸铁的硬质合金车刀、铣刀和刨刀。
	前刀面有断屑槽 正前角 无负倒棱	切削作用强 易断屑 刀刃强度差	各种高速钢刀具； 加工有色金属及低碳钢的硬质合金车刀。
	前刀面有断屑槽 正前角 有负倒棱	切削作用较强 易断屑 刀刃强度较好	加工各种钢料的硬质合金车刀
	平前刀面 负前角	切削作用较弱 易断屑 刀刃强度高	加工淬硬、高锰钢的硬质合金车、刨、铣刀。

表 9-3 刀具基本角度的常用值

角度	常用值	适应对象	备注
前角 γ	$-5^{\circ} \sim -15^{\circ}$	硬质合金刀具加工淬火钢	(1)材料塑性 \uparrow
	$-5^{\circ} \sim -10^{\circ}$	硬质合金刀具加工高锰钢	前角 $\gamma \uparrow$
	$0^{\circ} \sim 10^{\circ}$	高速钢、硬质合金刀具粗加工钢件	(2)同种材料时
	$0^{\circ} \sim 15^{\circ}$	加工铸铁	粗加工 $\gamma \downarrow$
	$12^{\circ} \sim 15^{\circ}$	精加工钢件	精加工 $\gamma \uparrow$
	$15^{\circ} \sim 25^{\circ}$	加工低碳钢、不锈钢	(3)机床刚度 $\uparrow \gamma \downarrow$
	$20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ $30^{\circ} \sim 35^{\circ}$	加工铝、铝合金 加工铜	机床刚度 $\downarrow \gamma \uparrow$
后角 α	$2^{\circ} \sim 3^{\circ}$	加工淬硬钢	(1)材料塑性 $\uparrow \alpha \downarrow$
	$3^{\circ} \sim 6^{\circ}$	加工一般材料	(2)精加工 $\alpha \uparrow$
	5°	通用值	(3)工件刚度差 $\alpha \uparrow$
	$5^{\circ} \sim 8^{\circ}$	镗孔，加工青铜、黄铜、铸钢件	
	$6^{\circ} \sim 10^{\circ}$	加工不锈钢	
	$8^{\circ} \sim 12^{\circ}$	加工铝、低碳钢	
	$10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$	某些负前角刀具 铣刀和薄切削刀具	

(续)

角度	常用值	适应对象	备注
主偏角 φ	10°~30° 45° 60°~75° 75°~95°	系统刚度好,切深小,工件材料较硬时 通用值(加工一般材料外圆、镗孔) 强力切削及粗车 加工细长轴,以及清理阶梯根部	系统刚度较好 系统刚度较差,切深较大或有冲击时 系统刚度差
刃倾角 λ	-4°~0° 0° 5°~10° 10°~45°	精车、加工细长轴 切断刀 粗车 断续切削、加工淬火钢;铣刀;刨刀	控制切屑流出方向, 避免划伤已加工表面 提高刀具的抗冲击能力
副后角 α_1	通常 $\alpha_1 = \alpha$ 或稍小于 α		
副偏角 φ_1	0°~5° 6°~10° 10°~20° 30°~40°	精加工一般材料 通用值 加工硬脆材料、不锈钢、合金钢 精加工一般材料的细长工件	[一般保持 $\varphi + \varphi_1 = 90^\circ$] 系统刚度好 系统刚度差;对工件需中间切入

10 冷却润滑液的选用

10.1 冷却润滑液分类及组成

表 10-1 常用冷却润滑液及特点

类别	组成	特点	备注	
I 切削油	矿物油 植物油 复合油	机械油、煤油、豆油、菜油、棉油、蓖麻油、动植物油与矿物油混合而成。	润滑性能好,但冷却性能差。	动植物油目前正在逐渐被硫、氯和硫-氯系等极压切削油代替
	极压切削油	机械油中加入油性、极压添加剂、防锈剂(如动植物油、硫、磷有机物和亚硝酸钠等)。	良好的极压性	耐高温、高压
II 乳化液	防锈乳化液	机械油中加入乳化剂(如油酸钠皂)、防锈剂(如亚硝酸钠),用水稀释成乳化液。	冷却性、润滑性一般,清洗性较差,但防锈性能好。	由矿物油加乳化剂、防锈剂、稳定剂、防腐剂、抗泡剂等配置
	普通乳化液	同上	清洗性能好,适于磨削加工和防锈性要求不高的机械加工	
	极压乳化油	机械油中加入乳化剂和油性、极压添加剂及防锈剂用水稀释成乳化液。	良好的极压性	耐高温、高压
III 水溶液	防锈冷却水	水中加入少量水溶性防锈剂(如亚硝酸钠、磷酸三钠、水玻璃)。	冷却性能好,适用于粗磨等加工。	
	透明冷却水	水中加入表面活性剂(如石油磺酸钠、OP)防锈剂和油性极压添加剂。	清洗和冷却性能好,适用于精磨。	

10.2 选用推荐

表 10-2 冷却润滑液的选用

加工方法		工 件 材 料		
		钢	铸 铁	铝 及 铝 合 金
车· 铣· 镗孔· 扩孔	粗加工	3~5%乳化液	一 般 不 加	① 3~5%乳化液 ② 煤油 ③ 煤油与矿物油的混合物
	精加工	① 10~20%乳化液 ② 10~15%极压乳化液 ③ 含硫化棉油的切削油	① 煤油; ② 煤油与矿物油的混合物	
钻孔		① 3~5%乳化液 ② 5~10%的极压乳化液	① 一般不加 ② 煤油	① 3~5%乳化液 ② 煤油 ③ 煤油与矿物油的混合物
拉削· 攻丝· 铰孔		① 10~20%极压乳化液 ② 含氯切削油 ③ 含硫、氯的切削油 ④ 含硫化棉油的切削油 ⑤ 含硫、氯、磷的切削油	① 10~15%极压乳化液 ② 10~20%极压乳化液 ③ 煤油	① 10~15%乳化液 ② 10~15%极压乳化液 ③ 煤油 ④ 煤油与矿物油的混合物
	滚· 插齿 加工	① ①20~25%极压乳化液 ② ②含氯切削油 ③ 含硫、氯切削油 ④ 含硫化棉油的切削油 ⑤ 含硫、磷、氯的切削油	④ 煤油与矿物油的混合物	
磨削	粗磨	① 2~5%普通乳化液 ② 2~3%69—1型乳化液 ③ NL型乳化液		
	精磨	① 2~3%半透明乳化液 ② 2~3%透明冷却水		
珩磨		煤油 + 10%机油		
滚压 (挤)		① 极压切削油 ② 硫化油	硫化油	① 轻柴油 ② 煤油

11 常用量具

11.1 量具的选用

量具是根据被测对象的性质和特点来选用的。

被测对象的性质指的是：被测对象是外圆直径，还是孔径或长度、深度、平直度、垂直度、角度、几何形状等。

被测对象的特点指的是：形状、尺寸大小、精度要求、被测表面在零件上的位置、测量时操作的可能性、零件的生产规模、生产方式、生产率要求所允许的检测时间等。

11.2 常用量具

表 11-1 常用量具及规格

量具名称	用途	备注		
		公称规格	主参数	
			测量范围	读数值
三用游标卡尺	用于测量工件的： 内径 外径 长度 高度 深度	125×0.05	0~125	0.05
		125×0.02	0~125	0.02
		150×0.05	0~150	0.05
		150×0.02	8~150	0.02
		200×0.05	0~200	0.05
二用游标卡尺	用于测量工件的： 内径 外径 长度	200×0.02	0~200	0.02
		300×0.05	0~300	0.05
		300×0.02	0~300	0.02
		200×0.05	0~200	0.05
高度游标卡尺	用于测量工件的高度和进行精密划线	200×0.02	0~200	0.02
		300×0.05	0~300	0.05
		300×0.02	0~300	0.02
		500×0.1	0~500	0.1
		500×0.05	0~500	0.05
		500×0.02	0~500	0.02
		200×0.05	0~200	0.05
深度游标卡尺	用于测量工件的： 沟槽深度 孔深 台阶高度及其它类似尺寸	200×0.02	0~200	0.02
		300×0.05	0~300	0.05
		300×0.02	0~300	0.02
		500×0.05	0~500	0.05
		500×0.02	0~500	0.02
		200×0.05	0~200	0.05

(续)

量具名称	用途	备注		
外径千分尺	用于测量精密零件的外径、厚度或长度	公称规格	主参数	
			测量范围	读数值
		0~25	0~25	0.01
		25~50	25~50	0.01
		50~75	50~75	0.01
		75~100	75~100	0.01
		100~125	100~125	0.01
杠杆千分尺	用于测量工件的高精度外径、厚度、长度及校对一般量具	0~25×0.002	0~25	0.002
		0~25×0.001	0~25	0.001
		25~50×0.002	25~50	0.002
		25~50×0.001	25~50	0.001
内径千分尺	用于测量精密零件的内径或沟槽的内侧面尺寸	50~175	50~175	0.01
		50~250	50~250	0.01
		50~575	50~575	0.01
		50~600	50~600	0.01
		75~175	75~175	0.01
三爪内径千分尺	用于测量精度较高的内侧尺寸	规格	读数值	
		11~20	0.005	
深度千分尺	用于测量工件的沟槽、孔的深度和台阶高度或类似尺寸	0~100	0.01	
		0~150	0.01	
管壁厚千分尺	用于测量高精密度管、套类零件的壁厚尺寸	0~25	0.01	
板料厚千分尺	用于测量精密板形零件或板料的厚度尺寸	0~25	0.01	
百分表	测量工件的几何形状和相互位置的正确性及位移量、并可用比较法测量工件的尺寸	0~3 0~5 0~10	0.01	
千分表	采用比较测量法或绝对测量法测量高精度零件的几何形状和相互位置的正确性及位移量	0~1 0~2	0.001 0.005	
杠杆百分表 杠杆千分表	用于测量工件的几何形状误差和相互位置的正确性。特别适于测量受空间限制的工件如内孔跳动量、键槽、导轨的不直度、相对位置的正确性等	公称规格	测量范围	读数值
		±0.4×0.01	0~0.8	0.01
内径百分表 读数值：0.01	采用比较法测量工件的内径及其几何形状的正确性和位移量	公称规格	测量范围	测孔深度
		10~18	10~18	≤70
		18~35	18~35	≤80
		35~50	35~50	≤90
		50~100	50~100	≤100
		100~160	100~160	≤150
160~250	160~250	≤200		

12 加工余量

表 12-1 轴的加工余量（直径上）

（单位：mm）

公称直径	表面的加工方法	轴的 长度					
		≤120	>120~260	>260~500	>500~800	>800~1250	>1250~2000
一般棒料车削							
≤30	粗车和一次车	1.3/1.1	1.7/—	—	—	—	—
	半精车	0.45/0.45	0.50/—	—	—	—	—
	精车	0.25/0.20	0.25/—	—	—	—	—
	细车	0.13/0.12	0.15/—	—	—	—	—
>30 ~50	粗车和一次车	1.3/1.1	1.6/1.4	2.2/—	—	—	—
	半精车	0.45/0.45	0.45/0.45	0.50/—	—	—	—
	精车	0.25/0.20	0.25/0.25	0.30/—	—	—	—
	细车	0.13/0.12	0.14/0.13	0.16/—	—	—	—
>50 ~80	粗车和一次车	1.5/1.1	1.7/1.5	2.3/2.1	3.1/—	—	—
	半精车	0.45/0.45	0.50/0.45	0.50/0.50	0.55/—	—	—
	精车	0.25/0.20	0.30/0.25	0.30/0.30	0.35/—	—	—
	细车	0.13/0.12	0.14/0.13	0.18/0.16	0.20/—	—	—
>80 ~120	粗车和一次车	1.8/1.2	1.9/1.3	2.1/1.7	2.6/2.3	3.4/—	—
	半精车	0.50/0.45	0.50/0.45	0.5/0.5	0.50/0.50	0.55/—	—
	精车	0.25/0.25	0.25/0.25	0.30/0.25	0.30/0.30	0.35/—	—
	细车	0.15/0.12	0.16/0.12	0.16/0.14	0.18/0.17	0.20/—	—
>120 ~180	粗车和一次车	2.0/1.3	2.1/1.4	2.3/1.8	2.7/2.3	3.5/3.2	4.8/-
	半精车	0.50/0.45	0.50/0.45	0.50/0.50	0.50/0.50	0.60/0.55	0.68/-
	精车	0.30/0.25	0.30/0.25	0.30/0.25	0.30/0.30	0.35/0.30	0.40/-
	细车	0.16/0.13	0.16/0.13	0.17/0.15	0.18/0.17	0.21/0.20	0.27/-
模锻毛坯的车削							
>18 ~30	粗车和一次车	1.6/1.5	2.0/1.8	2.3/—	—	—	—
	细车	0.25/0.25	0.30/0.25	0.30/—	—	—	—
	精车	0.14/0.14	0.15/0.14	0.16/—	—	—	—
>30 ~50	粗车和一次车	1.8/1.7	2.3/2.0	3.0/2.7	3.5/—	—	—
	精车	0.30/0.25	0.30/0.30	0.30/0.30	0.35/—	—	—
	细车	0.15/0.15	0.16/0.15	0.19/0.17	0.21/—	—	—
>50 ~80	粗车和一次车	2.2/2.0	2.9/2.6	3.4/2.9	4.2/3.6	5.0/—	—
	精车	0.30/0.30	0.30/0.30	0.35/0.30	0.40/0.35	0.45/—	—
	细车	0.16/0.16	0.18/0.17	0.20/0.18	0.22/0.20	0.26/—	—
>80 ~120	粗车和一次车	2.6/2.3	3.3/3.0	4.3/3.8	5.2/4.5	6.3/5.2	8.2/-
	精车	0.30/0.30	0.30/0.30	0.40/0.35	0.45/0.40	0.50/0.45	0.60/-
	细车	0.17/0.17	0.19/0.18	0.23/0.21	0.26/0.24	0.30/0.26	0.38/-
>50 ~80	粗车和一次车	3.2/2.8	4.6/4.2	5.0/4.5	6.2/5.6	7.5/6.7	—
	精车	0.35/0.30	0.40/0.30	0.45/0.40	0.50/0.45	0.60/0.55	—
	细车	0.20/0.20	0.24/0.22	0.25/0.23	0.30/0.27	0.35/0.32	—

(续)

公称直径	表面的加工方法	轴 的 长 度						
		≤120	>120~260	>260~500	>500~800	>800~1250	>1250~2000	
		磨			削			
≤30	热处理后粗磨	0.30	0.60	—	—	—	—	
	精车后粗磨	0.10	0.10	—	—	—	—	
	粗磨后精磨	0.06	0.06	—	—	—	—	
>30 ~50	热处理后粗磨	0.25	0.50	0.85	—	—	—	
	精车后粗磨	0.10	0.10	0.10	—	—	—	
	粗磨后精磨	0.06	0.06	0.06	—	—	—	
>50 >80	热处理后粗磨	0.25	0.40	0.75	1.20	—	—	
	精车后粗磨	0.10	0.10	0.10	0.10	—	—	
	粗磨后精磨	0.06	0.06	0.06	0.06	—	—	
>80 ~120	热处理后粗磨	0.20	0.35	0.65	1.00	1.55	—	
	精车后粗磨	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	—	
	粗磨后精磨	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	—	
>120 ~180	热处理后粗磨	0.17	0.30	0.55	0.85	1.30	2.10	
	精车后粗磨	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	
	粗磨后精磨	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	
注 备	1. 车削时的余量, 在分子上的是毛坯装夹在顶尖上加工时的余量, 在分母上的余量是毛坯在卡盘上装夹时的加工余量 2. 如果磨削工序分成两工步, 则第一步工序的余量取表列余量的70%、第二工步为30% 3. 锥面余量的大小与加工圆柱面一样, 按其最大直径选取加工余量							

表 12-2 平面加工时的工步余量

(单位: mm)

平面加工方法	按加工表面最大尺寸选取单面余量							
	<50	>50 ~120	>120 ~260	>260 ~500	>500 ~800	>800 ~1250	>1250 ~2000	>2000 ~3150
粗加工和一次加工铸件:								
1级精度砂型铸件	0.9	1.1	1.5	2.2	3.1	4.5	7.0	10.0
2级精度砂型铸件	1.0	1.2	1.6	2.3	3.2	4.6	7.1	11.0
金属模铸件	0.7	0.8	1.0	1.6	2.2	3.1	4.6	7.0
壳膜型铸件	0.5	0.6	0.8	1.4	2.0	2.9	—	—
精密铸造的铸件	0.3	0.4	0.5	0.8	—	—	—	—
半精加工铸件	0.25	0.25	0.30	0.30	0.35	0.40	0.50	0.65
精加工铸件	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.20	0.20
粗磨或一次磨	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.08	0.08
精磨	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.05

表 12-3 孔的拉削余量

(单位: mm)

孔的公称直径	直径上的余量	孔的公称直径	直径上的余量
<18	0.5	>50 ~ 80	1.0
>18 ~ 30	0.6	>80 ~ 120	1.2
>30 ~ 50	0.8	>120 ~ 180	1.5
备注: 表中所推荐的余量适用于孔深 $1 \leq 3d$ 的孔			

表 12-4 孔的磨削余量

(单位: mm)

加工方法	孔尺寸为下列范围的直径上的余量		
	6~12	10~50	50~180
热处理以前的磨削	0.2	0.3	0.4~0.5
热处理以后的磨削: 粗磨	—	0.2	0.3
精磨	—	0.1	0.2

12-5 孔的研磨余量

(单位: mm)

孔的直径	直径上的余量
<50	0.010
>50~80	0.015
>80~120	0.020

12-6 端面加工余量

(单位: mm)

零件长度	粗切后的精切端面			粗切后的磨削	
	余量(端面的最大尺寸)				
	≤30	>30~120	>120~260	≤120	>120~1260
≤10	0.5	0.6	1.0	0.2	0.3
>10~18	0.5	0.7	1.0	0.2	0.3
>18~50	0.6	1.0	1.2	0.2	0.3
>50~80	0.7	1.0	1.3	0.3	0.4
>80~120	1.0	1.0	1.3	0.3	0.5
>120~160	1.0	1.3	1.5	0.3	0.5

12-7 有色金属及其合金制成的零件的机械加工余量

(单位: mm)

套筒(在合金材料中加工孔)			
加工方法	直径上的余量(按孔的公称直径)		
	≤18	>18~50	>50~80
钻后镗孔或扩孔	0.80	1.00	1.10
镗孔或扩孔后进行铰孔或粗磨	0.20	0.25	0.30
粗磨后的精磨; 普通铰削后的拉削或精铰	0.12	0.14	0.18
在拉削或铰削后进行细铰或细镗	0.10	0.12	0.14
在细铰或精镗后进行研磨	0.006	0.007	0.008
钻孔后的孔的轴线偏移和轴线的原始位移不应超过下列数值			
在1毫米孔的长度上孔的轴线偏移量(微米)	1.3	0.8	0.5
孔的轴线的原始位移量(微米)	20	27	35
在镗孔或扩孔时, 套筒在卡盘中的装夹误差, 在半径上不应超过0.3毫米			
外旋转表面			
加工方法	直径上的余量(按其公称直径)		
	≤18	>18~50	>50~120
铸造后, 进行粗车或一次车削: 砂型铸件	1.70	1.80	2.00
离心铸造的铸件	1.30	1.40	1.60
冷铸模或壳膜铸造的铸件	0.80	0.90	1.00
失腊精密铸件	0.50	0.60	0.70
压力铸造的铸件	0.30	0.40	0.50
粗车后进行精车或粗磨	0.20	0.30	0.40
在粗磨后或在一次车削再粗磨后进行精磨	0.10	0.15	0.20

(续)

端 面		端面余量 (按照被加工表面的直径)			
加 工 方 法	端面余量 (按照被加工表面的直径)				
	≤18	>18~50	>50~80	>50~120	
铸造后进行一次粗车或一次车削					
在砂型中(地型)铸出的铸件	0.80	0.90	1.00	1.10	
离心铸造的铸件	0.65	0.70	0.75	0.80	
冷铸型或壳膜铸型铸件	0.40	0.45	0.50	0.55	
失腊精密铸造的铸件	0.25	0.30	0.35	0.40	
压力铸造的铸件	0.15	0.20	0.25	0.35	
粗车以后的精车	0.12	0.15	0.20	0.25	
精车后进行磨削	0.05	0.06	0.08	0.08	
表列的端面余量的数值使用于定位基面与测量基面重合的情况。当二基面不重合时,在列表余量上要加上基面误差,它等于定位基面与测量基面间的尺寸的公差。					
盘 (外旋转表面)					
加 工 方 法	直径上的余量 (按被加工表面的公称尺寸选定)				
	120~180	>180~260	>260~360	>360~500	>500~630
铸造后,粗车:					
砂型铸件(地型)	2.70	2.80	3.20	3.60	4.00
冷铸型或壳膜铸型铸件	1.30	1.40	1.60	1.80	2.00
粗车后,进行精车或粗磨	0.30	0.30	0.35	0.35	0.40
精车或车削后进行磨削	0.20	0.20	0.25	0.25	0.30
精车后进行细车	0.05	0.08	0.08	0.10	0.15
精磨后进行细磨	0.02	0.025	0.03	0.035	0.04
孔的加工余量参照鼓轮和箱体的孔加工余量选取					
端 面		端面余量 (按照被加工表面的直径)			
加 工 方 法	直径上的余量 (按被加工表面的公称尺寸选定)				
	120~180	>180~260	>260~360	>360~500	>500~630
铸造后,粗切:					
砂型铸件(地型)	1.10	1.30	1.50	1.80	2.10
冷铸型或壳膜铸型铸件	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
粗切后进行精切	0.15	0.15	0.17	0.17	0.15
精切后进行磨削	0.11	0.11	0.13	0.19	
凸 缘 和 凸 台 表 面					
加 工 方 法	单面余量 (按被加工表面的最大尺寸选定)				
	≤30	>30~50	>50~80	>80~120	
划端面、粗铣、刨、车削:砂型铸件	0.60	0.65	0.70	0.75	
冷铸模或壳膜铸件	0.30	0.35	0.40	0.45	
粗切、粗铣、刨以后进行精铣、精刨和精切	0.08	0.10	0.13	0.17	
铸 造 窗 口					
加 工 方 法	双面余量 (按被加工窗口的尺寸选定)				
	≤50	>50~80	>80~120	>120~180	>180~260
粗铣或粗插:砂型铸件	1.30	0.14	1.50	1.60	1.80
冷铸模或壳膜铸造的铸件	0.70	0.80	0.90	1.00	1.20
失腊精密铸造	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65
压力铸造的铸件	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45
粗加工后进行精铣、精插	0.38	0.40	0.45	0.55	0.65

(续)

箱体件（平面）												
加工方法	单面余量（按被加工表面的最大尺寸选定）											
	≤50	>50 ~ 120	>120 ~ 180	>180 ~ 260	>260 ~ 360	>360 ~ 500	>500 ~ 630	>630 ~ 800	>800 ~ 1000	>1000 ~ 1250	>1250 ~ 1600	>1600 ~ 2000
粗铣、一次铣或刨削：砂型铸件	0.65	0.75	0.80	0.85	0.95	1.10	1.25	1.40	1.60	1.80	2.10	2.50
金属膜铸件	0.35	0.45	0.50	0.55	0.65	0.85	0.95	1.10	1.30	1.50	—	—
失腊精密铸件	0.25	0.32	0.38	0.46	0.56	0.70	0.83	1.00	—	—	—	—
压力铸造的铸件	0.15	0.25	0.30	0.35	0.45	0.60	0.75	—	—	—	—	—
精刨或精铣	0.07	0.09	0.11	0.14	0.18	0.23	0.30	0.37	0.45	0.55	0.65	0.80
磨削	0.04	0.06	0.07	0.09	0.12	0.15	0.20	0.25	0.30	0.38	0.48	0.60
盖板（平面）												
粗铣、粗刨或一次铣：砂型铸件	0.80	1.00	1.20	1.40	1.70	2.10	2.50	3.00	3.60	4.20	5.00	6.00
金属模铸件	0.50	0.70	0.90	1.10	1.40	1.80	2.20	2.60	3.00	3.50	4.00	4.50
失腊精密铸件	0.40	0.60	0.80	1.00	1.30	1.70	2.10	2.50	—	—	—	—
压力铸造铸件	0.30	0.50	0.70	0.90	1.10	1.30	1.70	—	—	—	—	—
粗加工后进行精刨或精铣	0.08	0.11	0.14	0.18	0.23	0.30	0.37	0.45	0.55	0.65	0.80	1.00
精加工后进行磨削	0.05	0.07	0.09	0.12	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	0.80
外旋转表面的余量参照套筒和盘类零件选取												
铸 孔												
加工方法	直径上的余量（按其公称尺寸选定）											
	≤50						>50~120					
铸造后进行粗镗或扩孔：砂型铸件	2.80						3.00					
冷铸模或壳膜铸件	1.40						1.50					
失腊精密铸造的铸件	0.80						0.90					
压力铸造的铸件	0.40						0.45					
精粗镗或扩孔后进行精镗	0.30						0.40					
镗后进行细镗、铰孔或粗磨	0.15						0.20					
铰孔后进行细铰、或粗磨后的精磨	0.12						0.18					

13 常用切削用量

13.1 切削用量及其选用原则

切削用量是指切削速度 v 进给量 f 和切削深度 a_p 。

切削用量的选用与下列因素有关：

- ① 生产率
- ② 加工质量（主要是表面光洁度）
- ③ 切削力所引起的机床—夹具—工件—刀具工艺系统的弹性变形
- ④ 工艺系统的振动
- ⑤ 刀具耐用度
- ⑥ 机床功率

选用原则：

在综合考虑上述有关因素的基础上——

- 先尽量取大的 a_p ；
- 其次尽量取大的 f ；
- 最后取合适的 v 。

1. a_p 的选择

●由于生产中一般都是先粗加工然后再半精加工或精加工。所以，切削深度一般除留出精加工和半精加工余量外，应尽量选取最大的 a_p ，以期一次切除全部加工余量。

如假设某表面的粗加工，半精加工，精加工的单边余量分别为 $Z_{粗}$ 、 $Z_{半精}$ 、 $Z_{精}$ ，则其相应工序的切深 $a_{p粗}$ 、 $a_{p半精}$ 、 $a_{p精}$ ，应尽可能是 $a_{p粗}=Z_{粗}$ ； $a_{p半精}=Z_{半精}$ ； $a_{p精}=Z_{精}$ 。

●如加工余量过大，一次切除确有困难，则再酌情分几次切除，而此时的各项切削深度应依次递减，即 $a_{p1} > a_{p2} > a_{p3} \cdots$ 。

2. f 的选择

a_p 确定后， f 应尽量选大一些，但它应能保证下面两个基本要求：

●因切削力所引起的工艺系统的弹性变形不致使工件的加工尺寸超出公差范围；

●表面光洁度合乎要求。

这就是说， f 主要受工艺系统刚度和工件表面光洁度的限制，而粗加工时因切削力大，表面光洁度要求低，限制进给量的是主要是工艺系统刚度，精加工时则主要是光洁度。所以粗加工的进给量，应按切削深度、工件材料和工艺系统刚度来选取。精加工时的 f 则主要按表面光洁度来决定。（同时还应考虑刀尖圆弧半径、切削速度的影响，圆弧半径大，残留面积小， f 可稍大； V 大。积屑瘤减小或消失，有利于提高光洁度，故 f 也可稍大）

3. V 的选择

当 a_p ， f ，选定后，最后选定 V 。

“理想的” V 应当是既能发挥刀具的切削效能（使刀具的磨损不致太快），有能发挥机床的效能（充分利用机床的功率），并保证加工质量（主要是光洁度）和降低加工成本（从提高生产率和减少刀具消耗的角度看）。

K 可由有关公式算出。

4. 校验机床功率

按下式检验是否超出机床实有功率：

$$N_{\text{切}} \leq N_{\text{切}} \cdot \eta$$

机床传动效率
机床主电机功率
切削功率

附注：

(1) 根据选定的 f 和算出的 v ，对照采用机床上实有的 f 和 n （转速）值。

(2) 专用机床 a_p 、 f 、 V 的选择。

鉴于专用机床（如组合机床）多采用多种和多把刀具同时作业，且受流水线或自动线生产节拍的制约，以及换刀，调刀时常引起全线停机（生产率有较大损失）等，故其切削用量的选择有其相应的特点。

①比普通机床的切削用量约低 30%，以减少换刀时间，提高经济效果。

②在服从机床本身的某一参数的条件下，兼顾同时工作的不同刀具的合理需要。在专用机床上往往有多种刀具同时工作，它们的合理切削用量本是不同的。如钻头的要求 v 高 f 小，而铰刀则要求 v 低 f 大；但动力头每分钟之进给量却是一样的，为使各刀具都有较合适的切削用量，只有采取相互迁就的所谓“兼顾”的办法解决。即首先列出各刀具独自选定的合理值，然后以“每分钟进给量相等”为标准“折衷”调整使各刀具的切削用量既尽可能适应自己的特点，又满足其转速与每转进给量之乘积相等的统一要求。

③复合刀具的 f 应按复合刀具上的最小直径选取， v 应按最大直径选取，（以决定转速），即“就低不就高”。

如 $\phi 20$ 与 $\phi 32$ 复合扩孔钻， f 按 $\phi 20$ 选取； v (n) 按 $\phi 32$ 选取。

钻—铰复合刀具， f —按钻头选取； v (n)—按铰刀选取。

④对于带有对刀运动（即主轴定位）的多轴镗床而言，各主轴转速应相等或成整数倍，以便于主轴定点停机装置的设计。

⑤切削用量的选择应力求各工序节拍尽可能相等，故常需降低高生产率工序之用量，提高低生产率工序（“所谓限制性工序”）的用量，相互迁就，力求平衡。

⑥在选用通用部件时，必须考虑通用部件的本身性能。所选的每分钟进给量应高于滑台之最小进给量，否则部件本身无法实现所选进给（这对液压滑台更为重要，所选的进给量通常应比滑台名义上所允许的最小值大 50%，以确保进给可靠）。

13.2 常用刀具耐用度

表 13-1 常用刀具耐用度（参考值）

刀 具	耐用度 (min)	刀 具	耐用度 (min)
普通外圆车刀	90	扩 孔 钻	60
端 面 车 刀	60	铰 刀	70
多刀仿形车床上的外圆车刀	200	多头组合铣床上的端铣刀	800
端 面 车 刀	150	多头组合铣床上的角度铣刀或燕尾铣刀	1000
成 形 车 刀	120	刨 刀	90
镗 刀	60	齿 轮 滚 刀	200
普 通 钻 头	100	插 齿 刀	280
组合机床上的钻头	300	螺 纹 车 刀	70
普 通 端 铣 刀	200	外 圆 磨 砂 轮	40
银齿圆柱铣刀	180	无 心 磨 砂 轮	60
立 铣 刀	90	平 面 磨 砂 轮	30
切断和切槽铣刀	120	内 元 磨 砂 轮	15
角 度 铣 刀	140	机 用 丝 锥	90

13.3 常用切削用量

13-2 常用切削用量（参考值）

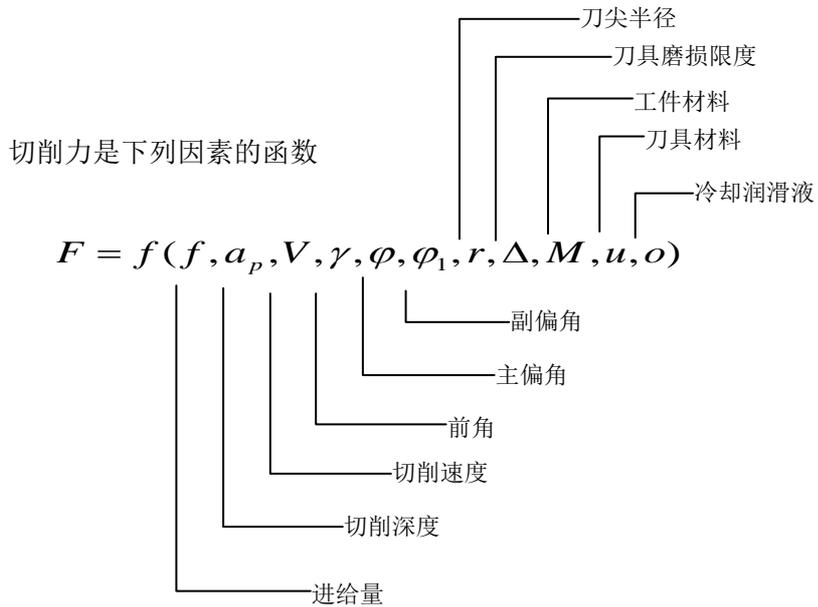
加工方法	a_p (mm)	f	v (m/min)	备 注	
车	粗	1.5~2.5	0.3~0.5	高速钢刀具的 v 为 $\begin{cases} 18\sim20 \\ 20\sim30 \end{cases}$	
	精	0.2~0.5	0.2~0.3		80~100
铣 刨	粗	>2	0.2~0.6	①指端铣 ②高速钢刀具的 v 为 $\begin{cases} 15\sim20 \\ 20\sim30 \end{cases}$	
	精	0.2~0.5	0.1~0.3		15~20
	粗	2~3	0.2~0.5		60~80
	精	0.5~0.7	0.1~0.3		80~100
钻	D/2	0.1~0.3	15~20	指高速钢钻头和铰刀 硬质合金钻头的 v 为 20~30 硬质合金铰刀的 v 为 10~16	
铰	粗	0.2~0.3	0.5~1.0		10~12
	精	0.1	0.8~1.3	8~10	
镗	粗	2~3	0.3~0.5	高速钢刀具的 v 为 $\begin{cases} 15\sim20 \\ 20\sim30 \end{cases}$	
	精	0.2~0.3	0.1~0.2		70~80
磨	粗	0.015~0.04	(0.4~0.7) B	指平面磨削 B——砂轮宽度	
	精	0.005~0.01	(0.25~0.35) B		15~20
珩 磨	工作压力 6~8 (kg/cm ²)	往复速度 10~20 (米/分)	四周速度 60~100(米/分)	f—刨、磨指每行程进给量 铣、拉指每齿进给量 其余为每转进给量	
浮 镗	0.03~0.07	0.3~0.7	3~7		
拉		0.02~0.06	4~8		
滚 压	0.02~0.05	0.15~0.25	60~80		

14 切削力的确定

常用的确定切削力的方法有三种：

- (1) 由经验公式算出；
- (2) 由单位切削力算出；
- (3) 由诺模图（M-P-N 图）查出。

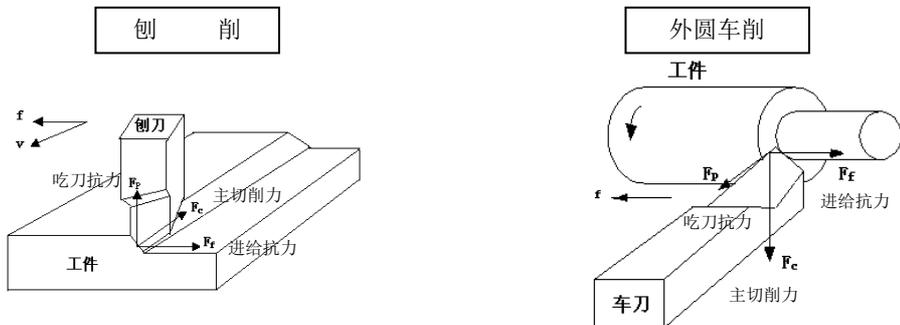
14.1 用经验公式计算切削力



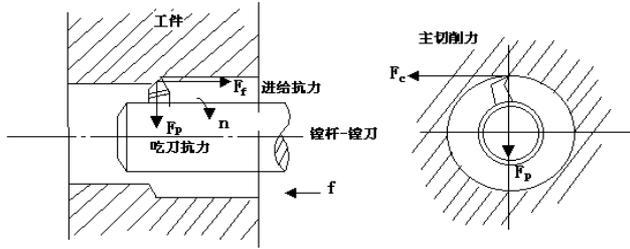
当 f , V , a_p 等数值不同时，切削力 F 随之不同。

按特定值计算而得到的 F 值，需用相应的“修正系数”加以修正

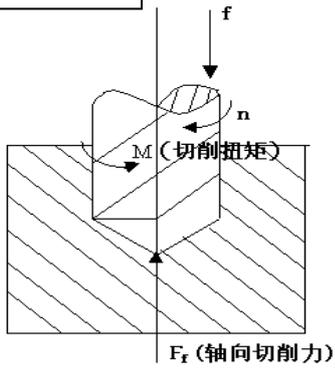
- 各种加工方法的切削力情况如下图所示。



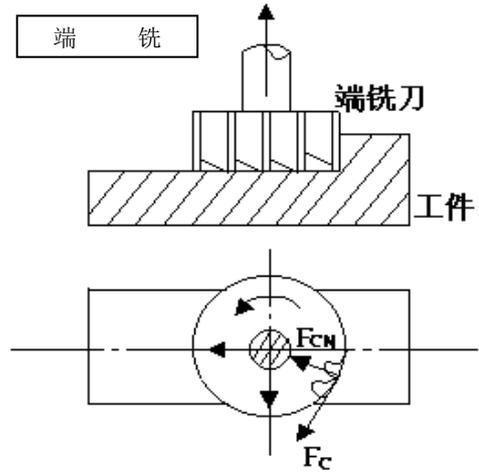
镗 削



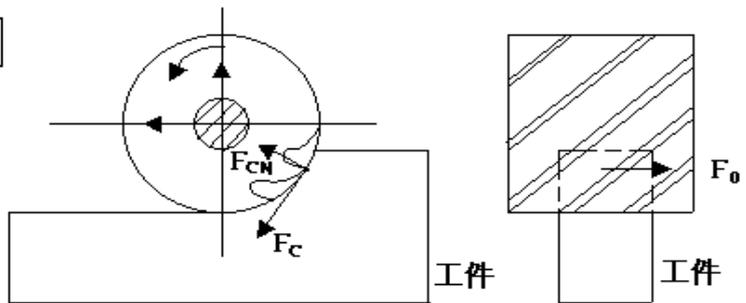
钻 削



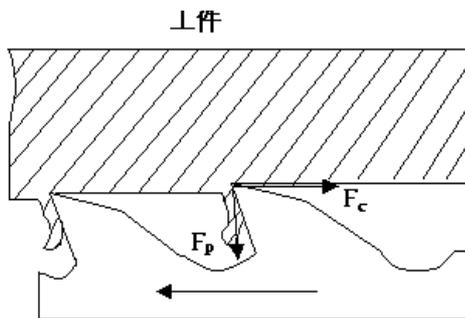
端 铣



周 铣



拉 削



14.1.1 车、镗、刨切削力计算公式（三者用同一公式）

表 14-1 切削力基本公式

计算公式	主切削力	$F_c = C_{pz} \cdot a_p \cdot f^{Y_{pz}}$						
	吃刀抗力	$F_p = C_{py} \cdot a_p^{0.9} \cdot f^{0.75}$						
	进给抗力	$F_f = C_{px} \cdot a_p^{1.2} \cdot f^{0.65}$						
加工材料	高速钢刀具				硬质合金刀具			
	Cpz	Cpy	Cpx	Ypz	Cpz	Cpy	Cpx	Ypz
钢	225	195	111	0.75	214	123	80	0.75
铸铁	98	77	38	0.75	95	46	18	0.75

一般公式

$$\boxed{\text{一般公式}} = \boxed{\text{基本公式}} \times \boxed{\text{修正系数}}$$

即：

$$F_c = C_{Pz} a_p f^{Y_{pz}} \cdot K_{VPz} \cdot K_{\phi Pz} \cdot K_{\gamma Pz} \cdot K_{\Delta Pz} \cdot K_V \cdot K_{冷} \cdot K_{料Pz}$$

$$F_p = C_{Py} a_p^{0.9} f^{0.75} \cdot K_{VPy} \cdot K_{QPy} \cdot K_{\gamma Py} \cdot K_{\Delta Py} \cdot K_V \cdot K_{冷} \cdot K_{料Py}$$

$$F_f = C_{Px} a_p^{1.2} f^{0.65} \cdot K_{VPx} \cdot K_{QPx} \cdot K_{\gamma Px} \cdot K_{\Delta Px} \cdot K_V \cdot K_{冷} \cdot K_{料Px}$$

表 14-2 修正系数

序号	修正系数	前角不同时的修正系数										
		-15°	-10°	-5°	-0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	
1	K_r	K_{pz}	1.4	1.4	1.2	1.1	1.1	1	0.9	0.9	0.8	0.8
		K_{px}	-	2.1	1.8	1.6	1.3	1	0.8	0.6	0.5	0.4
		K_{py}	-	2.6	2.1	1.6	1.3	1	0.8	0.6	0.5	0.4
主偏角不同时的修正系数												
2	K_{ϕ}		30°	45°	60°	75°	90°					
		$K_{\phi pz}$	加工钢	1.1	1	1.0	1.0	1.1				
		铸铁	1.1	1	1.0	0.9	0.9					
	$K_{\phi py}$	钢	1.6	1	0.7	0.5	0.4					
		铸铁	1.2	1	0.9	0.8	0.7					
	$K_{\phi px}$	钢	0.7	1	1.3	1.5	1.8					
铸铁		0.6	1	1.1	1/2	1.3						

(续)

刀尖半径不同时的修正系数									
3	K_r		R=0.5mm	1	1.5	2	3	5	
	K_{rpz}	加工钢	0.9	0.9	1.0	1	1.0	1.1	
		铸铁	0.9	0.9	1.0	1	1.0	1.1	
	K_{rpy}	钢	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.3	
		铸铁	0.8	0.9	0.9	1	1.1	1.2	
	K_{rpx}	钢	1	1	1	1	1	1	
铸铁		1	1	1	1	1	1		
后刀面磨损限度不同时的修正系数									
4	K_Δ		$\Delta=0.5mm$	0.5	1	2	4		
	$K_{\Delta pz}$	加工钢	1.0	0.9	1.0	1	/		
		铸铁	1.0	1.0	1.0	1	1.2		
	$K_{\Delta py}$	钢	0.7	0.5	0.6	1	/		
		铸铁	0.6	0.6	0.7	1	1.8		
	$K_{\Delta px}$	钢	0.5	0.6	0.7	1	/		
铸铁		0.7	0.71	0.8	1	1.6			
切削速度不同时的修正系数									
5	K_v		$v \leq 50m/min$	100	150	200	250	300	
	K_{vpz}	加工钢	1	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	
			1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	
	K_{vpy}	铸铁							
K_{vpx}			1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	
	1	0.9							0.9
不同冷却润滑条件时的修正系数									
6	$K_{冷}$	无	水	矿物油	植物油	流化矿物油	流化植物油		
		1	1.0	0.9	0.8	0.8	0.8		
材料强度或硬度不同时的修正系数									
7	$K_{料}$	钢	σ_b (N/mm ²)	400~500	500~600	600~700	700~800	800~900	900~1000
			$K_{料pz}$	0.8	0.8	0.9	1	1.1	1.2
			$K_{料py}$	0.4	0.5	0.8	1	1.3	1.6
			$K_{料px}$	0.5	0.6	0.8	1	1.2	1.4
		HB		140~160	160~180	180~200	200~220	220~240	240~260
		铸铁	$K_{料pz}$	0.9	0.9	1	1.1	1.1	1.2
			$K_{料py}$	0.7	0.9	1	1.1	1.3	1.4
			$K_{料px}$	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.4

14.1.2 钻削切削力计算公式

基本公式：轴向力： $F_f = C_p \cdot D \cdot f^{Y_p} \quad (N)$

扭 矩： $M = C_M \cdot D^{1.9} \cdot f^{0.8} \quad (N \cdot mm)$

式中 D — 钻头直径 (mm); f — 每转进给量 (mm/r)。

表 14-3 基本参数

工 件 材 料		C_p	C_M	Y_p
钢	用冷却润滑液	847	338	0.7
	不用冷却润滑液	1100	440	0.9
铸铁	不用冷却润滑液	605	233	0.8

表 14-4 修正系数

序号	修正系数		主 偏 角 不 同 时 的 修 正 系 数					
1	钢	$K_{\text{料p}}=K_{\text{料M}}$	$\sigma_p(400\sim500)$	500~600	600~700	700~800	800~900	900~1000
			0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2
	铸铁	$K_{\text{料p}}=K_{\text{料M}}$	HB140~160	160~180	180~200	200~220	220~240	240~260
			0.9	0.9	1	1.1	1.1	1.2
2	修正系数		45°	60°		75°		
	钢	$K_{\varphi p}$	1	1		1.1		
		$K_{\varphi M}$	1.2	1		0.8		
	铸铁	$K_{\varphi p}$	0.7	1		1.3		
$K_{\varphi M}$		1.2	1		0.9			

钻孔时的扭矩、轴向力和功率也可用下列公式计算：

(1) 用高速钢钻头加工钢件

$$M = 1.65 \cdot D^2 \cdot f^{0.8} \cdot \sigma_b^{0.7} \cdot K \quad (N \cdot mm)$$

$$F_f = 33 \cdot D \cdot f^{0.7} \cdot \sigma_b^{0.75} \cdot K \quad (N)$$

$$P_f = \frac{M \cdot n}{95500} (kW) \quad \text{或} \quad P_f = 0.00327 \frac{M \cdot v}{D} (kW)$$

(2) 用高速钢钻头加工铸铁

$$M = 0.1 \cdot D^{1.9} \cdot f^{0.8} \cdot HB^{0.6}$$

$$F_f = 2.6 \cdot D \cdot f^{0.8} \cdot HB^{0.6}$$

$$P_f = \frac{M \cdot n}{95500} \quad \text{或} \quad P_f = 0.00327 \frac{M \cdot v}{D}$$

D —钻头直径 (mm)
 f —每转进给量 (mm/r)
 σ_b —材料强度 (N/mm²)
 K —修正系数 (碳钢 $K=1$
 合金钢 $K=1.2$)
 HB —材料硬度
 n —转速 (r/min)
 v —切削速度 (mm/min)

(3) 用硬质合金钻头加工铸铁

$$M = 0.0263 \cdot D^{2.4} \cdot f \cdot HB^{0.6}$$

$$F_f = 7.1 \cdot D^{0.75} \cdot f^{0.85} \cdot HB^{0.6}$$

$$P_f = \frac{M \cdot n}{95500} \quad \text{或} \quad P_f = 0.00327 \frac{M \cdot v}{D}$$

14.1.3 铣削力计算公式

表 14-5 铣削力计算公式

加工材料	铣刀及铣削方式	圆周铣削力 F_c
钢	周铣刀、立铣刀、端铣刀（不对称铣削、铣刀轴落在 t 外者，三面刃铣刀、槽铣刀（I））	$F_c = 68.2a_p^{0.86} \cdot B \cdot Z \cdot f_{\text{齿}}^{0.72} \cdot D^{-0.86}$
	端铣刀（对称铣削，或不对称铣面铣刀轴落在 t 内者）（II）	$F_c = 82.4a_p^{1.1} \cdot B^{0.95} \cdot Z \cdot f_{\text{齿}}^{0.8} \cdot D^{-1.1}$
铸铁	(I)	$F_c = 30a_p^{0.82} \cdot B \cdot Z \cdot f_{\text{齿}}^{0.65} \cdot D^{-0.83}$
	(II)	$F_c = 50a_p^{1.14} \cdot B^{0.9} \cdot Z \cdot f_{\text{齿}}^{0.72} \cdot D^{-1.14}$

式中： Z —刀齿数； $f_{\text{齿}}$ —每齿进给量； D —铣刀直径； a_p 、 B 随铣削方式不同而异：

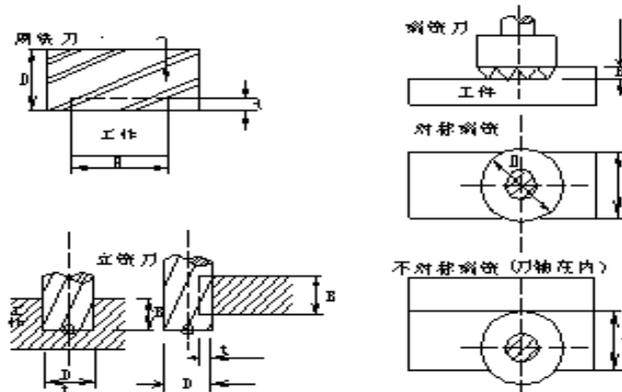


表 14-6 修正系数

1	修正系数	主偏角不同时的修正系数					
		15°	30°	45°	60°	70°	90°
	K_{sp}	1.2	1.2	1.1	1	1.0	1.1
速度不同时的修正系数							
2		100(m/min)	200	300	400	500	600
	$K_{VP(+r)}$	1	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8
	$K_{VP(-r)}$	1	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7

14.1.4 拉削力计算公式

表 14-7 基本公式

拉削性质	拉削力 F 的计算公式
孔拉削	$F_c = Cp \cdot f_{\text{齿}}^{Y_p} \cdot D \cdot i$ (N)
平面	$F_c = Cp \cdot f_{\text{齿}}^{Y_p} \cdot B \cdot i$
键槽拉削	
花键拉削	$F_c = Cp \cdot f_{\text{齿}}^{Y_p} \cdot B \cdot n \cdot i$

注：①式中 $f_{\text{齿}}$ —拉刀齿升（次一齿比前一齿高） D —孔直径

B —平面或键槽宽度 n —键数 i —拉刀同时切削的刀齿数。

②因拉刀同时切削的刀齿数 i 在拉削过程中并非固定值，故实际计算时常只以 i_{max} 和 P_{imax} 。

表 14-8 基本参数

加工材料	硬度 HB	C_p			Y_p						
		孔拉削	平面或键槽拉削	花键拉削							
碳素钢	<200	700	177	212	0.85						
	200~230	760	202	230							
	>230	842	250	284							
合金钢	<200	762	202	230	0.85						
	200~230	842	250	284							
	>230	1000	282	315							
铸铁	≤200	300	115	152	0.73						
	>200	354	137	215							
拉削力修正系数 K_p											
拉刀切削时的实际工作条件											
新磨拉刀	后隙面磨损 ~0.3 mm	后隙面磨损 0.3~1.0 mm	用硫化油冷却	用乳化油冷却	不用冷却 润滑冷却	前角 γ			后角 α		有分屑槽时
						$10^\circ \sim 12^\circ$	$6^\circ \sim 8^\circ$	$0^\circ \sim 2^\circ$	$2^\circ \sim 3^\circ$	$<1^\circ$	
1.0	1.2	1.8	1.0	1.1	1.3	1.0	1.1	1.4	1.0	1.2	0.9

14.2 单位切削力计算

14.2.1 车、刨、镗时的切削力计算

$$F_c = k_c \cdot A_d = k_c \cdot a_p \cdot f$$

进给量
切削深度
切削面积
切削面积
单位切削力
主切削力

表 14-9 车、镗、刨时的单位主切削力

车、镗、刨时的单位主切削力				
材料	牌号	制造或热处理状态		单位切削力 (N/mm ²)
钢	A3	热轧或正火	HB202	1920
	40Cr		212	2000
	45		78	
	45	调质	229	2350
	45	淬火	HRC44	2700
铸铁	HT20-40	退火	HB170	1140
	QT45-5	退火	190	1440
	KT30-6		170	1370
铜及其合金	H62	冷拔	80	1450
	ZQSn5-5-5	铸造	74	700
铜及其合金	ZL10	铸造	45	83($\gamma=15^\circ$);72($\gamma=25^\circ$)
	LY12	淬火及时效	107	83($\gamma=15^\circ$);78($\gamma=25^\circ$)

表 14-10 修正系数

K _{spz}	进给量不同时切削力的修正系数								
	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5
修正系数	1.2	1.1	1.1	1.0	1	1.0	1.0	0.9	0.9
K _{vpv}	切削速度不同时切削力的修正系数								
	50	75	100	125	150	175			

钢	修正系数	1.1	1.0	1	1.0	1.0	1.0		
铸铁		1.0	1.0	1	1.0	1.0	1.0		
K_{pz}		前角改变时切削力的修正系数							
前角		-10^0	0^0	5^0	10^0	15^0	20^0	25^0	30^0
钢	修正系数	1.3	1.2	1.1	1.1	1	1.0	0.9	0.9
铸铁		1.4	1.2	1.1	1.1	1	1.0	0.9	0.9
K_{ppz}		主偏角改变时切削力的修正系数							
主偏角		30^0	45^0	60^0	75^0	90^0			
钢	修正系数	1.1	1.1	1.0	1	1.1			
铸铁		1.1	1.0	1.0	1	1.0			
K_{hpz}		后刀面磨损量改变时切削力的修正系数							
磨损量		0	0.25	0.4	0.6	0.8	1.0	1.3	
钢	修正系数	1	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.3	
铸铁		1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	

14.2.2 端铣时切削力的计算

1. 单位切削力 $k_c(\text{N}/\text{mm}^2)$

$$\text{加工钢} \quad k_c = \frac{225}{a^{0.242}} \cdot K$$

$$\text{加工铸铁} \quad k_c = \frac{130}{a^{0.313}} \cdot K$$

其中： a 切削厚度（mm）， K 材料强度的修正系数。

表 4-11 基本参数

钢	σ_b	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	1000
	K	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	1	1.1	1.1	1.2	1.2
铸铁	HB	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	280
	K	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2

2. 主切削力 F_c (即所有同时工作的刀齿的圆周力的总合)

$$F_c = \frac{B \cdot f_M \cdot a_p \cdot k_c}{1000v} (\text{N})$$

式中： B —铣削宽度（mm） —[工作宽度]

f_M —每分钟进给量（mm/min）

a_p —切削深度 (mm)
 k_c —单位切削力(N/mm²)
 v —切削速度(mm/min)

14.3 典型加工情况下切削力、切削功率的参考值

下列各表给出有关典型加工情况下已算好的切削力和切削功率的近似值，供学生作为判断自己有关计算的正确与否时参考。

14.3.1 车削（硬质合金刀具加工外圆）

表 14-12 基本参数

工件材料	进给量 f (mm/r)	切 削 深 度														
		0.5			1.0			1.5			2			3		
		V	F_c	N	V	F_c	N	V	F_c	N	V	F_c	N	V	F_c	N
碳素钢 $\sigma_B =$ 700~800 N/mm ²	0.15							107	64	1.1	100	86	1.4			
	0.20				108	53	0.94	97	80	1.3	91	107	1.6			
	0.25	119	31	0.61	100	63	1	90	95	1.4	84	126	1.7	76	189	2.3
	0.30	106	36	0.62	89	72	1.1	80	108	1.4	75	144	1.8	67	216	2.4
	0.40	96	41	0.64	73	90	1.1	66	134	1.5	62	179	1.8	56	269	2.4
	0.50							57	159	1.5	54	212	1.9	48	318	2.5
	0.60							51	182	1.5	48	242	1.9	43	364	2.5
	0.70													39	407	2.6
	0.80													35	449	2.6
	1.00													31	535	2.7
	1.20													27	612	2.7
1.40													25	686	2.8	
灰铸铁 HB= 190~210	0.08	141	6.9	0.16	128	14	0.29	122	21	0.4	118	28	0.54			
	0.10	134	8.2	0.19	122	16	0.32	117	24	0.46	108	33	0.58			
	0.15	124	11.2	0.23	113	22	0.41	108	33	0.59	104	44	0.75			
	0.20	117	13.7	0.26	107	28	0.49	101	42	0.7	97	56	0.9			
	0.25	112	16.3	0.30	103	33	0.56	97	49	0.78	94	66	1.0			
	0.30				97	38	0.6	94	57	0.88	90	76	1.1	85	114	1.6
	0.40				82	46	0.6	88	69	1.0	85	92	1.3	79	139	1.8
	0.50							83	85	1.15	81	109	1.4	73	164	2.0
	0.60							78	93	1.19	78	126	1.6	68	189	2.1
	0.70										69	140	1.6	64	213	2.2
	0.80										69	155	1.7	61	231	2.3
1.00													55	276	2.5	

14.3.2 钻削（用高速钢钻头在实体材料钻孔）

表 14-13 基本参数

加工材料	钻头直径 (mm)	切削速度 V(m/min)	转速 n (r/min)	进给量 f (mm/r)	进给量 f_M (mm/r)	切削力 F (N)	扭矩 M (N·m)	功率 P (kW)
碳素钢	8	12.8	512	0.20	102	242	985	0.52
		14.2	572	0.15	86	195	795	0.47
		16.6	668	0.10	667	143	592	0.41
	10	12.0	387	0.25	96	361	1730	0.68
		13.6	432	0.18	78	279	1350	0.60
		16.0	516	0.12	62	204	991	0.52
	15	11.3	241	0.30	72	623	3999	0.99
		13.6	290	0.20	58	454	2970	0.89
		15.5	330	0.15	50	365	2410	0.82
	20	10.0	159	0.35	56	935	7400	1.21
		11.7	186	0.25	47	721	5790	1.10
		13.6	216	0.18	39	557	4460	0.99
	25	9.1	116	0.40	46	1300	12200	1.45
		10.4	133	0.30	40	1041	9750	1.34
		12.5	197	0.20	39	757	7260	1.46
	30	8.4	91	0.45	37	1708	17790	1.66
		9.4	99	0.35	30	1404	14800	1.55
		12.2	130	0.20	26	909	9850	1.31
灰铸铁	4	27	2190	0.18	394	63	83	0.19
		37	3010	0.12	360	48	60	0.18
		41	3330	0.10	333	39	52	0.17
	8	26	1031	0.30	310	191	467	0.5
		35	1391	0.20	278	138	335	0.48
		44	1745	0.15	261	107	262	0.47
	12	23	621	0.40	248	361	1275	0.81
		26	690	0.30	207	287	1011	0.72
		31	798	0.20	160	207	729	0.59
	16	22	438	0.5	219	572	2619	1.18
		25	498	0.35	174	432	1970	1.01
		29	578	0.25	145	330	1510	0.99
	20	22	334	0.55	184	774	4335	1.48
		24	383	0.40	153	610	3360	1.32
		30	462	0.25	116	412	2305	1.09
	30	20	213	0.75	160	1488	11950	2.61
		23	245	0.55	135	1160	9300	2.34
		28	287	0.35	100	808	6490	1.91

14.3.3 刨削

表 14-14 基本参数

加工材料	每一往复行程进给量 f (mm)	切 削 深 度														
		2			3			4			5			6		
		V	F_c	P	V	F_c	P	V	F_c	P	V	F_c	P	V	F_c	P
碳素钢 $\sigma_B=700\sim 800$ N/mm ²	0.2	50	120	1.0	48	180	1.4	43.5	239	1.7						
	0.3	44	162	1.16	38	245	1.5	37	325	1.9						
	0.4	37	200	1.2	33	300	1.6	31	400	2.0	29	503	2.3	28	600	2.8
	0.5	31	238	1.21	28	357	1.6	26	476	2.0	25	595	2.4	24	714	2.8
	0.6	28	272	1.24	27	409	1.8	23	545	2.1	22	682	2.4	21	818	2.8
	0.7				25	459	1.9	21	612	2.1	20	765	2.5	19	918	2.9
	0.8				23	507	1.9	19.5	677	2.2	18.5	846	2.5	17.5	1015	2.9
	0.9				21	554	1.9	18.5	739	2.2	17.5	924	2.6	16.2	1108	2.9
	1.0				19	600	1.9	17	800	2.2	16.5	1000	2.7	15	1200	3.0
	1.2							15	918	2.3	14.5	1147	2.7	13.4	1370	3.0
	1.4							13.5	1030	2.3	13	1287	2.7	12	1544	3.0
	1.6							12.5	1140	2.3	12	1423	2.8	11.1	1707	3.1
	1.8							12	1244	2.4	11	1555	2.8	10.3	1866	3.1
2.0							11	1346	2.4	10.5	1682	2.9	9.75	2016	3.2	
3.0							8.5	1824	2.5	8.0	2280	3.0	7.4	2735	3.3	

14.3.4 拉削

表 14-15 孔的拉削（基本参数）

加工材料	每齿进给量 f_z (mm)	切削速度 V (mm/min)	孔 径									
			20		30		40		50		60	
			F_c	V								
碳素钢	0.02	7.2	1650	2.0	2470	2.9	3290	3.9	4210	4.9	4940	5.8
	0.04	4.6	2960	2.2	4440	3.4	5930	4.5	7400	5.5	8890	6.7
	0.06	3.5	4180	2.4	6280	3.6	8370	4.8	10460	6.0	12600	7.2
	0.08	2.9	5350	2.5	8020	3.8	10700	5.0	13400	6.4	16100	7.6
	0.10	2.6	6450	2.7	9670	4.1	12900	5.5	16100	6.9	19300	8.2
灰铸铁	0.02	8.8	1040	1.5	1560	2.2	2070	3.0	2600	3.7	3100	4.5
	0.04	5.9	1720	1.7	2580	2.5	3430	3.3	4290	4.1	5150	5.0
	0.06	4.6	2300	1.7	3450	2.6	4610	3.5	5760	4.3	6910	5.3
	0.08	3.8	2840	1.8	4270	2.7	5680	3.5	7110	4.3	8530	5.3
	0.10	3.3	3350	1.8	5020	2.7	6700	3.6	8370	4.5	10040	5.4

15 时间定额

15.1 时间定额的组成

工序时间定额由五部分组成，其计算公式如下：

$$T_s = T_m + T_a + T_l + T_r + T_e \quad (15-1)$$

式中 T_s —— 单件工序时间；

T_m —— 基本时间；

T_a —— 辅助时间，通常取： $T_a = (15 \sim 20) \% \times T_m$ ；

T_l —— 工作地服务时间，通常取： $T_l = (20 \sim 25) \% \times T_m$ ；

T_r —— 生理需要时间，通常取： $T_r = (2 \sim 6) \% \times T_m$ ；

T_e —— 准备终结时间，通常取： $T_e = (3 \sim 5) \% \times T_m$ 。

15.2 基本时间计算

1. 车削，镗削（图 15-1，表 15-1，表 15-2）

$$T_m = \frac{(L + L_1 + L_2)}{n \cdot f} \cdot k \quad (15-2)$$

式中 L —— 工件切削部分长度（mm）；

L_1 —— 切入长度（mm）；

L_2 —— 切出长度（mm）；

n —— 每分钟转数（r/min）；

f —— 每转进给量（mm/r）；

k —— 走刀次数。

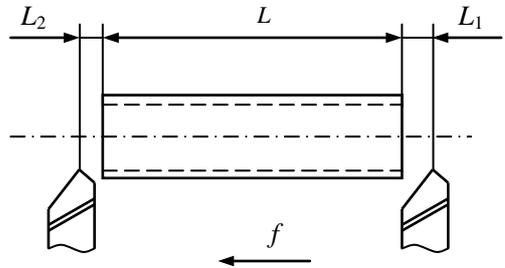


图 15-1 切入、切出长度

表 15-1 普通车（镗）刀切入、切出长度（单位：mm）

切深	切入长度				切出长度
	主偏角 30°	45°	60°	75°	
1	2	1	1	1	1
2	4	2	2	1	1
3	6	3	2	1	2
4	7	4	3	2	2
5	9	5	3	2	2

表 15-2 螺纹车刀、端面车刀切入、切出长度 (单位: mm)

切削方式	切入长度	切出长度
通切螺纹	$L_1 = (2 \sim 3) \times S$ (S—螺距)	2~3
不通切螺纹	$L_1 = (1 \sim 2) \times S$ (S—螺距)	2~3
端面车削	3~5	2~3

2. 刨削 (图 15-2)

$$T_m = \frac{(B + B_1 + B_2)}{n \cdot f} \cdot k \quad (15-3)$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{(L + L_1 + L_2)(1 + K)} \quad (15-3)$$

- 式中 T_m —— 基本时间 (min);
 B —— 工件宽度 (mm);
 B_1 —— 接近宽度 (mm);
 B_2 —— 离开宽度 (mm);
 n —— 工件 (刀具) 每分钟往复次数 (1/min);
 f —— 每行程进给量 (mm);
 k —— 走刀次数;
 v —— 切削速度 (m/min);
 L —— 工件切削部分长度 (mm);
 L_1 —— 切入长度 (mm);
 L_2 —— 切出长度 (mm);
 K —— 系数。

有关数据见表 5-3、表 5-4。

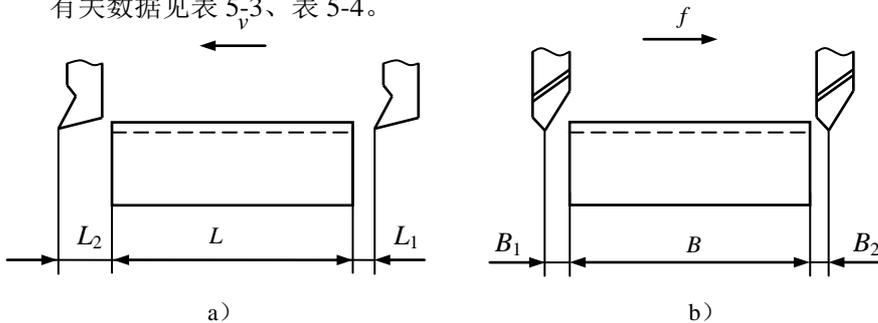


图 15-2 刨削时切入、切出长度及接近与离开宽度

表 15-3 刨刀切入、切出长度及系数 K (单位: mm)

机床	L	$L_1 + L_2$	K
牛头刨	≤ 100	40	0.7~0.9
	$> 100 \sim 200$	50	
	$> 200 \sim 300$	60	
	> 300	70	
龙门刨	≤ 2000	200	0.4~0.7
	$> 2000 \sim 4000$	200~330	

表 15-4 刨刀接近、离开宽度 (单位: mm)

切削深度	$B_1 + B_2$		
	主偏角		
	45°	60°	75°
2	3	3	2
4	6	5	4
6	8	6	4
8	11	7	6

3. 钻(扩)削 (图 15-3)

$$T_m = \frac{(L + L_1 + L_2)}{n \cdot f} \cdot k \quad (15-5)$$

式中各符号含义同前, f 为每转进给量 (mm/r)。

切入、切出长度数值见表 15-5。

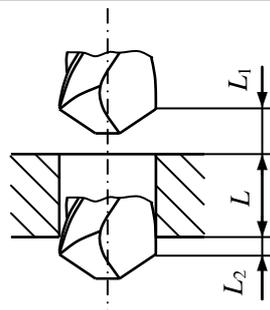


图 15-3 钻孔和扩孔的切入、切出长度

15-5 钻孔和扩孔的切入、切出长度 (单位: mm)

钻孔直径	L_1	L_2	扩孔切深	L_1	L_2
2	2	1	2	2	1
4	2	1	3	2	1
6	3	2	4	3	1
8	4	2	6	4	2
12	5	2	8	5	2
16	6	3	10	7	2
20	8	3	12	8	2
30	11	3	16	10	3

4. 铣削 (图 15-4)

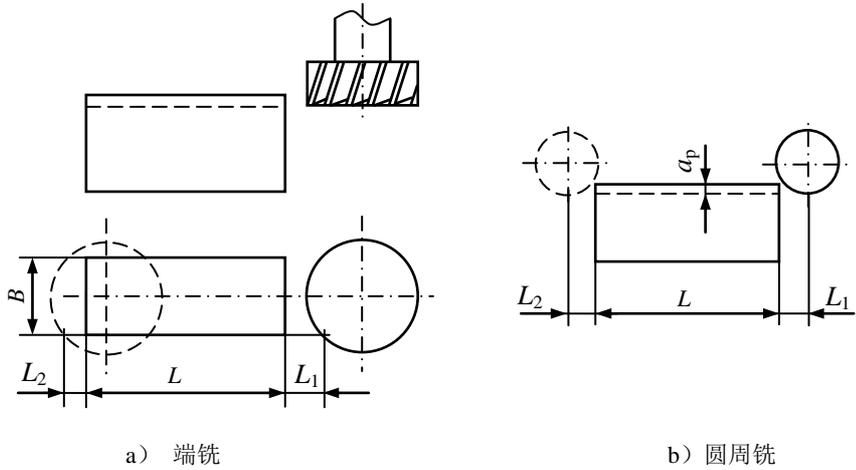


图 15-3 铣削时切入、切出长度

$$T_m = \frac{(L + L_1 + L_2)}{f_M} \cdot k \quad (15-5)$$

式中各符号含义同前, f_M 为每分钟进给量 (mm/min)。

切入、切出长度数值见表 15-6。

表 15-6 铣削切入、切出长度 (单位: mm)

端铣						圆周铣						
切入切出长度	铣削宽度 B	铣刀直径				切入切出长度	铣削深度 a_p	铣刀直径				
		60	110	200	300			40	60	110	200	
L_1	10	1				L_1	0.5	5	6	8	10	
	20	2	2				1	7	8	11	15	
	30	4	3	2			2	9	11	15	20	
	40	8	4	2			3	11	13	18	25	
	50	14	6	3			4	12	15	21	28	
	100		32	14	9			5	13	17	23	32
	140			29	18			6		18	25	35
	180			56	30			7		19	27	37
	200			100	33			8		21	29	40
	250				67			10		23	32	44
	300				150			12		26	35	48
L_2	—	2	3	4	5	L_2	—	2	3	3	4	

16 夹具常用材料及其热处理

16.1 夹具常用材料代号及其基本性能

表 16-1 夹具常用材料代号及其基本性能

类别	代号	基本性能			简要说明
		抗拉强度 σ_b N/mm ²	延伸率%	硬度 HB	
灰铸铁	HT150	150		163~229	铸造性、减振性好, 性能一般
	HT200	200		170~241	铸造性、减振性好, 强度较高, 可承受较大载荷
	HT250	250		170~241	
普通碳钢	A3	400	26		韧性、锻造性好
	A5	530	20		塑性、焊接性好, 易切削
优质碳素结构钢	10	333	31	137	塑性、韧性、焊接性、冷冲性好
	20	412	25	156	
	45	598	16	241	综合机械性能好, 应用广泛, 常进行调质处理
合金结构钢	20Cr	834	10	176	渗碳处理, 表面硬度高, 心部韧性好
	40Cr	981	9	207	综合机械性能好, 应用广泛
弹簧钢	65			≤ 255	热处理后可得到高的强度和适当的韧性和塑性
	65Mn			≤ 269	
碳素工具钢	T8A			187 (退火后)	用于制造要求足够硬度和韧性的工具或工件
	T10A			197 (退火后)	用于制造要求耐磨, 但不受冲击和剧烈振动的工具
铜合金	H62	300~600		56~164	用于制造耐磨零件
	ZHMn58-2-2	245~343	12	70~80	
	ZQSn5-5-5	177~196	8	60~65	
工程塑料	HG2-62-65 (聚氯乙烯板)	50~100			耐腐蚀
	HG2-534-67 (聚四氟乙烯板)	15~30			耐腐蚀, 有一定耐磨性
	尼龙 66				耐蚀, 耐磨

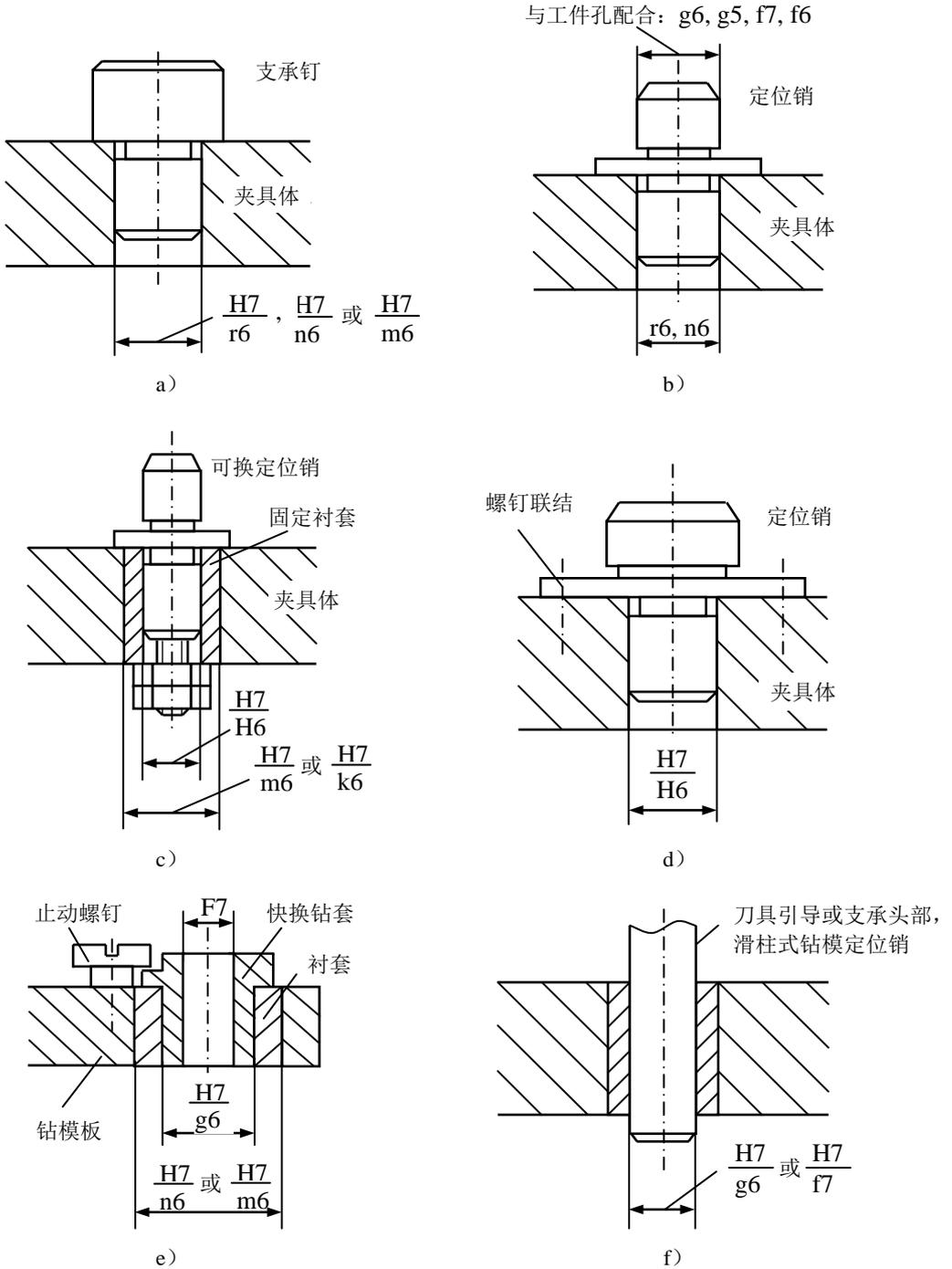
16.2 夹具常用材料应用举例

表 16-2 夹具常用材料应用举例

材料	应用举例	热处理规范
HT150	一般夹具的夹具体, 支座, 顶盖	大型夹具体应时效处理
HT200	这样夹具的夹具体, 镗模支架, 钻模板, 顶盖	时效处理
HT250		
A3	焊接夹具体, 支架, 防护罩, 盖板, 铰链支座, 普通连接件	焊接件应做去应力退火处理
A5		
10	螺钉, 螺母, 销钉, 垫圈	正火
	小轴, 接杆, 连接杆, 拨叉	渗碳淬火 HRc55-60
	小型定位、导向元件, 压板, 摩擦片	氰化
20	定位销, 支承钉, 顶杆, 导套, 对刀块, 钳口, 压板, 定位块, 导向板	渗碳淬火 HRc55-60
	心轴, 钻套, 镗套, V 形块, 偏心轮, 凸轮	渗碳淬火 HRc60-65
45	轴, 齿轮, 花键, 杠杆, 支承套, 支承座, 大定位销, 立柱拉杆, 手柄	正火, 或 T215
	套环, 联动块, 铰链座, 铰链轴, 紧固螺栓, 螺母	Y35
	V 形块, 定位板, 导向板, 定位销, 压板, 轴, 齿轮, 齿条, 棘轮, 分度盘	C42, 或 C48
20Cr	自位支承, 推引支承, 钻套, 镗套, V 形块, 凸轮, 偏心轮, 棘爪, 齿轮, 传动螺杆	渗碳淬火 HRc56-62
40Cr	轴, 齿轮, 花键, 杠杆, 支承套, 支承座, 大定位销, 立柱拉杆, 手柄	T215
	套环, 联动块, 铰链座, 铰链轴, V 形块, 定位板, 导向板, 定位销, 压板, 轴, 齿轮, 齿条, 棘轮, 分度盘	C42, 或 C48, 或 C52
65	螺旋弹簧, 复位片簧, 卡环	C45
65Mn	片簧, 板簧, 弹性垫圈, 弹性心轴, 弹性夹头, 弹性夹爪, 强力弹簧	C48, 或 C58
T8A	对刀块, 塞尺, 定位销, 支承钉, 支承板, 偏心轮, 夹爪, 顶尖	C58
T10A	顶尖, 钻套, 衬套, 导套, 触头, 分度盘, 插销, 对刀块	C61
H62	各种衬套和滑动轴承	低温退火
ZHMn58-2-2		
ZQSn5-5-5		
HG2-62-65 (聚氯乙烯板)	堵片, 端盖, 侧盖, 防护罩, 贴面	
HG2-534-67 (聚四氟乙烯板)	同上	
尼龙 66	衬套, 齿轮, 齿条, 导板, 手柄	

17 夹具尺寸公差和技术要求制定

17.1 常用配合 (图 17-1)



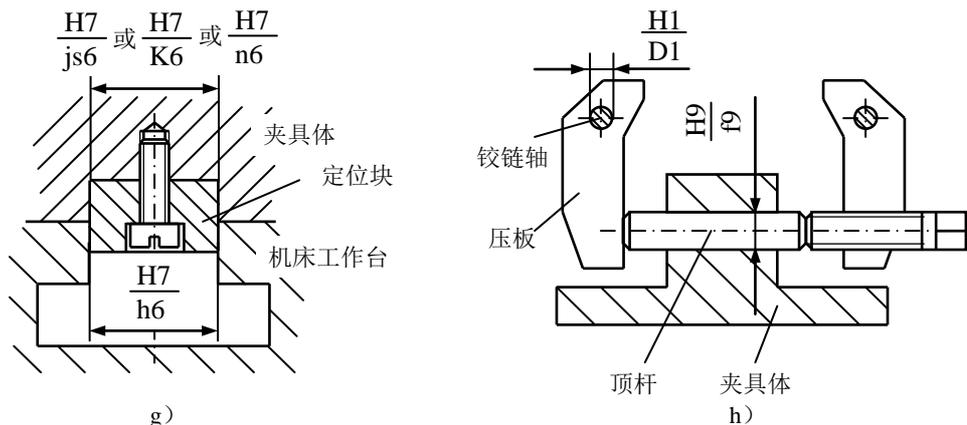


图 17-1 夹具常见重要配合

17.2 夹具零件制造公差

$$\Delta_{ij} = \left(\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3} \right) \delta_{gi} \quad (17-1)$$

式中 Δ_{ij} ——夹具制造公差；
 δ_{gi} ——工件相应参数公差。

17.3 位置精度

1. 对刀块定位表面的位置精度
 (图 17-2, 表 17-1)

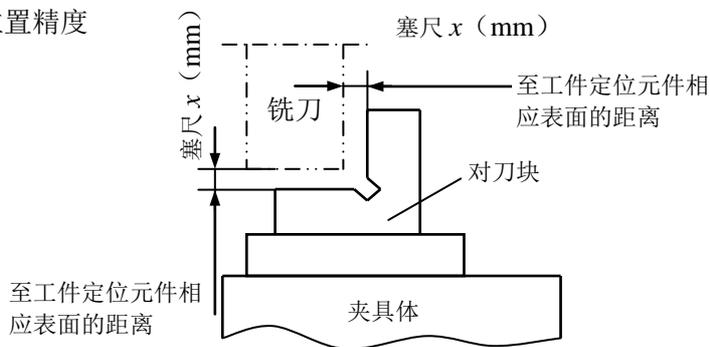


图 17-2 对刀块

表 17-1 对刀块定位表面的位置精度 (mm)

工件的尺寸精度	对刀块对定位表面的位置公差	
	平行或垂直时	非平行或非垂直时
$\sim \pm 0.1$	± 0.02	± 0.015
$\pm 0.1 \sim \pm 0.25$	± 0.05	± 0.035
$> \pm 0.25$	± 0.10	± 0.08

2. 钻、镗夹具中各种导套（如钻套、铰套、镗杆导套等）和定位套（如移动式钻模板的定位套）的孔距精度和对定位基面的距离精度（表 17-2）

表 17-2 导套和定位套的孔距精度和对定位基面的距离精度 (mm)

工件上孔距或孔中心线对定位基面的距离 公差	导套或定位套孔距或孔中心线对定位基面的距离 公差
$\pm 0.05 \sim \pm 0.1$	$\pm 0.01 \sim \pm 0.05$
$\pm 0.1 \sim \pm 0.2$	$\pm 0.02 \sim \pm 0.05$
$\pm 0.2 \sim \pm 0.3$	$\pm 0.05 \sim \pm 0.1$

3. 导套中心线对定位基面的平行度（或垂直度）

表 17-3 导套中心线对定位基面的平行度（或垂直度） (mm)

工件上被加工孔中心线对定位基面的平行度 （或垂直度）公差	导套中心线对定位基面的平行度（或垂直度） 公差
$(0.05 \sim 0.1) / 100$	$(0.02 \sim 0.03) / 100$
$(0.1 \sim 0.2) / 100$	$(0.03 \sim 0.05) / 100$
$> 0.2 / 100$	$0.05 / 100$

4. 用于工件上同一平面定位的夹具上若干定位块（支承板）的定位表面，应在同一平面上，允差通常为 $0.01 \sim 0.03\text{mm}$ 。

定位块（支承板）的定位表面对夹具的安装底面的平行度（或垂直度）允差常取为 $(0.005 \sim 0.01) / 100$ （或 $0.02 \sim 0.05 / \text{全长}$ ）。

5. 同心导套之间的同轴度误差通常不大于 $0.01 \sim 0.02\text{mm}$ 。各平行导套轴线的平行度误差通常不大于 $(0.02 \sim 0.03) / 100$ （或 $0.05 / \text{全长}$ ）。

6. 导向孔轴线至定位销轴线的距离公差通常为 $\pm 0.03 \sim \pm 0.06\text{mm}$ （对于一般精度的夹具），或 $\pm 0.01 \sim \pm 0.02\text{mm}$ （对于工件有严格孔距要求的夹具）。

7. 找正基面与测量基面平面度（或直线度）误差一般要求不大于 $0.01 \sim 0.02\text{mm}$ 。找正基面与测量基面对夹具底面或定位块的定位面的垂直度（或平行度）允差常取为 $0.01 / 100$ 。

17.4 夹具装配图尺寸及技术条件标注

1. 尺寸标注

1) 夹具总体尺寸 —— 如：

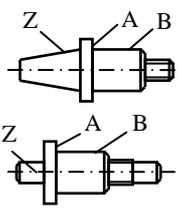
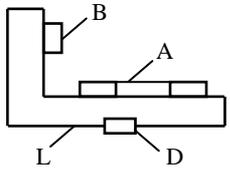
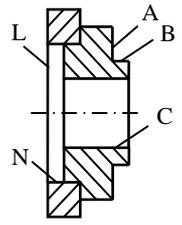
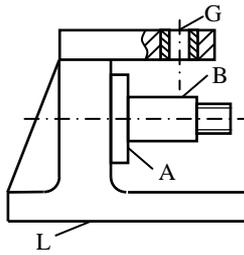
- ① 最大轮廓尺寸（长、宽、高）；
- ② 如系升降、回转、摆动夹具，标出极限位置、回转半径等；
- ③ 操纵手柄等运动零、部件的运动极限位置。

2) 夹具与机床联系尺寸 —— 如：

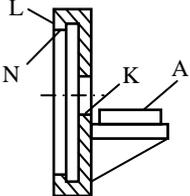
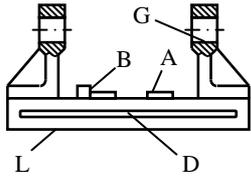
- ① 定位键与机床工作台 T 型槽的配合尺寸；
 - ② 车床夹具与主轴的配合、联结尺寸；
 - ③ 联结螺钉位置尺寸和中心距；
 - ④ 定位销的位置尺寸。
- 3) 夹具与刀具联系尺寸 —— 如：
- ① 导套位置尺寸及其与刀具（或刀杆）的配合尺寸；
 - ② 对刀块的塞尺尺寸；
 - ③ 对刀块工作面与定位表面的距离尺寸。
- 4) 重要配合尺寸 —— 如：
- ① 工件定位孔与夹具定位销的配合尺寸；
 - ② 夹具重要元件间（如定位销与夹具体，固定衬套与支架，可换导套与固定衬套，伸缩销与导向套，铰链轴与支座等）的配合尺寸。
- 5) 重要装配尺寸 —— 如：
- ① 定位元件与定位元件（如圆柱销与菱形销）之间的位置尺寸；
 - ② 定位元件与导向元件之间的位置尺寸；（如导套中心至定位块的距离）；
 - ③ 导向元件之间的位置或距离尺寸。
- 6) 某些特殊尺寸 —— 如：
- ① 起吊环的位置；
 - ② 油缸或汽缸直径；
 - ③ 分度、定位刻度线或重要操作标记位置等。
2. 技术条件标注

1) 不便以尺寸公差、形位公差标注的内容，可用文字标在技术条件中。参见表 17-4。

表 17-4 夹具技术要求举例

夹具简图	技术要求	夹具简图	技术要求
	1. A 面对 Z 面（锥面或顶尖孔连线）的垂直度公差… 2. B 面对 Z 面（锥面或顶尖孔连线）的同轴度公差…		1. A 面对 L 面的平行度公差… 2. B 面对 D 面的平行度公差…
	1. A 面对 L 面的平行度公差… 2. B 面对止口面 N 的同轴度公差… 3. B 面对 A 面的垂直度公差… 4. B 面对 C 面的同轴度公差…		1. B 面对 L 面的平行度公差… 2. G 面对 L 面的垂直度公差… 3. B 面对 A 面的垂直度公差… 4. G 轴线对 B 轴线的最大偏移量…

(续)

 <p>A technical drawing showing a vertical shaft assembly. The shaft has a top flange labeled 'L'. Below the flange is a section labeled 'N'. Further down is a hole labeled 'K'. At the bottom of the shaft is a component labeled 'A'.</p>	<ol style="list-style-type: none">1. A 面对 L 面的平行度公差…2. K 面 (找正孔) 对止口面 N 的同轴度公差…	 <p>A technical drawing showing a horizontal shaft assembly. The shaft has a top flange labeled 'L'. Below the flange is a component labeled 'B'. Further down is a hole labeled 'A'. At the bottom of the shaft is a component labeled 'D'. To the right of the shaft is a component labeled 'G'.</p>	<ol style="list-style-type: none">1. A 面对 L 面的平行度公差…2. G 面对 A 面的平行度公差…3. G 面对 D 面的平行度公差…4. B 面对 D 面的同垂直公差…
---	--	---	---

2) 其他 —— 如:

- 夹具应在××转速下进行动平衡，其不平衡重不大于××克-cm。
- 夹具不加工外表面喷漆，颜色同机床颜色。
- 四块支承板定位面装配后一次磨削，要求平面度误差不大于 0.01mm，与夹具底面平行度误差不大于 0.02mm。